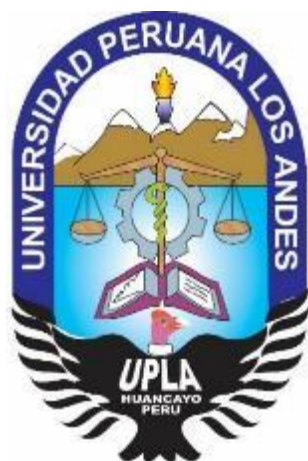


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**RESISTENCIA MECÁNICA DE MEZCLA ASFÁLTICAS EN
FRÍO CON ADICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO,
HUANCAYO, JUNÍN, 2021**

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

Presentado por:

BACH. GAVINO GALDOS, HUGO

Asesor: ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO

Línea de investigación institucional:

Nuevas Tecnologías y Procesos

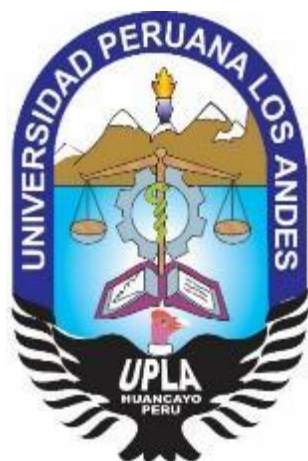
Huancayo - Perú

2022

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**RESISTENCIA MECÁNICA DE MEZCLA ASFÁLTICAS EN
FRÍO CON ADICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO,
HUANCAYO, JUNÍN, 2021**

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

Presentado por:

BACH. GAVINO GALDOS, HUGO

Asesor: ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO

Línea de investigación institucional:

Nuevas Tecnologías y Procesos

Huancayo - Perú

2022

CONFORMIDAD DE JURADOS

- **PRESIDENTE:** Dr. Rubén Darío Tapia Silguera
- **SECRETARIO DOCENTE:** Mg. Leonel Untiveros
Peñaloza
- **JURADO:** Mg. Jeannelle Sofia Herrera Montes
- **JURADO:** Mg. Rando Porras Olarte
- **JURADO:** Nataly Lucia Cordova Zorrilla

Dedicatoria

Este trabajo es dedicado a mi familia por su contante apoyo económico y moral, a mis amistades por estar ahí.

Autor

Agradecimiento

Agradezco a mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Los Andes por brindarme una enseñanza de calidad, por darme las pautas necesarias para desempeñarme como un buen profesional. A mi Universidad por permitirme estar en sus aulas donde pude aprender a desarrollarme.

Hugo

Contenido

Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Contenido	6
Contenido de tablas.....	9
Contenido de figuras.....	10
Resumen	11
Abstrac.....	12
Introducción	13
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. Descripción de la realidad problemática	15
1.2. Delimitación del problema	18
1.2.1. Delimitación espacial.....	18
1.2.2. Delimitación temporal	18
1.2.3. Delimitación conceptual o temática	18
1.3. Formulación del problema	19
1.3.1. Problema general	19
1.3.2. Problemas específicos	19
1.4. Justificación	20
1.4.1. Social.....	20
1.4.2. Teórica	20
1.4.3. Metodológica	20
1.5. Objetivos.....	21
1.5.1. Objetivo general	21
1.5.2. Objetivos específicos.....	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes.....	23
2.1.1. Antecedentes nacionales	23
2.1.2. Antecedentes internacionales	26
2.2. Bases Teóricas o Científicas	27

2.2.1.	Resistencia mecánica de mezclas asfálticas.....	27
2.2.2.	Poliestireno expandido	37
2.3.	Marco conceptual (de las variables y dimensiones)	40
CAPÍTULO III HIPÓTESIS		43
3.1.	Hipótesis general	43
3.2.	Hipótesis específicas:	43
3.3.	Variables.....	44
3.3.1.	Definición conceptual de la variable	44
3.3.2.	Definición operacional de la variable	44
3.3.3.	Operacionalización de la variable.....	44
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA		47
4.1.	Método de investigación	47
4.2.	Tipo de investigación	47
4.3.	Nivel de investigación	48
4.4.	Diseño de la investigación	48
4.5.	Población y muestra	49
4.5.1.	Población.....	49
4.5.2.	Muestra	49
4.5.3.	Muestreo	49
4.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	50
4.6.1.	Técnicas de recolección de datos	50
4.6.2.	Instrumentos de recolección de datos	50
4.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	51
4.8.	Aspectos éticos de la Investigación.....	52
CAPÍTULO V RESULTADOS		53
5.1.	Descripción de resultados	53
5.1.1.	Diseño de mezcla convencional y con poliestireno	53
5.1.2.	Resultados del diseño de mezcla convencional	58
5.1.3.	Resultados del diseño de mezcla con poliestireno	61
5.1.4.	Resultados comparativos	65
5.2.	Contrastación de hipótesis	71

5.2.1.	Prueba de la primera hipótesis específica.....	72
5.2.2.	Prueba de la segunda hipótesis específica	76
5.2.3.	Prueba de la tercera hipótesis específica.....	79
5.2.4.	Prueba de la cuarta hipótesis específica	82
5.2.5.	Prueba de la quinta hipótesis específica	86
5.2.6.	Prueba de la sexta hipótesis específica	89
5.2.7.	Prueba de la hipótesis general	91
	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	94
	CONCLUSIONES	101
	RECOMENDACIONES.....	104
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
	ANEXOS.....	110
	Anexo 1 Matriz de Consistencia	111
	Anexo 2 Matriz de operacionalización de variables.....	114
	Anexo 3 Instrumento de investigación y constancia de su aplicación	116
	Anexo 4 La data de procesamiento de datos	117
	Anexo 5 Resultados del ensayo de laboratorio	118

Contenido de tablas

Tabla 1	Características Generales del CA 60-70.	30
Tabla 2	Operacionalización de las variables	45
Tabla 3	Características del agregado fino	53
Tabla 4	Características del agregado grueso	53
Tabla 5	Resumen de ensayos de arena chancada	57
Tabla 6	Resumen de ensayos de la grava 3/4"	57
Tabla 7	Diseño de la mezcla convencional	58
Tabla 8	Resultados del diseño de mezcla convencional	59
Tabla 9	Parámetros Marshall de la mezcla convencional.....	60
Tabla 10	Resumen estadístico de los parámetros Marshall de la mezcla convencional.....	60
Tabla 11	Características del ensayo Marshall de la mezcla modificada.....	61
Tabla 12	Parámetros Marshall de la mezcla modificada	62
Tabla 13	Resumen estadístico de los parámetros Marshall de la mezcla modificada	63
Tabla 14	Resumen estadístico de los parámetros Marshall de la mezcla convencional.....	66
Tabla 15	Prueba ANOVA para densidad bulk	73
Tabla 16	Comparaciones múltiples para densidad bulk	74
Tabla 17	Subconjuntos para densidad bulk.....	75
Tabla 18	Prueba ANOVA para estabilidad	76
Tabla 19	Comparaciones múltiples para estabilidad	77
Tabla 20	Subconjuntos para estabilidad.....	78
Tabla 21	Prueba ANOVA para % de vacíos.....	80
Tabla 22	Comparaciones múltiples para % de vacíos.....	81
Tabla 23	Subconjuntos para % de vacíos	81
Tabla 24	Prueba ANOVA para flujo.....	83
Tabla 25	Comparaciones múltiples para flujo.....	84
Tabla 26	Subconjuntos para flujo	85
Tabla 27	Prueba ANOVA para humedad	86
Tabla 28	Comparaciones múltiples para humedad	87
Tabla 29	Subconjuntos para humedad.....	88
Tabla 30	Costo de producción de briqueta con mezcla asfáltica en frío.....	89
Tabla 31	Costo de producción de briqueta con mezcla asfáltica en frío modificada	90
Tabla 32	Media de los indicadores de resistencia mecánica.....	91
Tabla 33	Resultados ANOVA de los indicadores de resistencia mecánica .	92
Tabla 34	Diferencia de medias de los indicadores de resistencia mecánica	92

Contenido de figuras

Figura 1	Curva granulométrica del agregado fino-M01	54
Figura 2	Curva granulométrica del agregado fino-M02	55
Figura 3	Curva granulométrica del agregado grueso-M01	55
Figura 4	Curva granulométrica del agregado grueso-M02	56
Figura 5	Media de la densidad de la mezcla tradicional y modificada.....	66
Figura 6	Media de la estabilidad de la mezcla tradicional y modificada	67
Figura 7	Media del flujo de la mezcla tradicional y modificada	68
Figura 8	Media de la humedad de la mezcla tradicional y modificada	69
Figura 9	Media de los vacíos de la mezcla tradicional y modificada	70

Resumen

La investigación buscó determinar cuánto varía la resistencia mecánica de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021. Para ello aplicó el método científico, se trabajó con estudio aplicada en el tipo, fue explicativo en el nivel y tuvo un diseño experimental. En el caso, el tamaño muestral fue de 2 tipos de mezclas, una con diseño convencional y otra con adición de poliestireno. Los porcentajes de poliestireno fueron de 0.01%, 0.02%, 0.03% y 0.04%. En cada uno de ellos se realizaron 3 ensayos, haciendo un total 15 muestras. Se aplicó la observación directa. Entre los resultados se obtuvo que la densidad bulk (G) promedio de la mezcla asfáltica tradicional fue de 2.28, mientras que para la mezcla con adición de 0.01%, 0.02%, 0.03% y 0.04% de poliestireno fue de 2.23, 2.19, 2.18 y 2.17. Para estabilidad (kg-f), el promedio para la mezcla tradicional fue de 929.00, mientras para las mezclas modificadas fue de 1471.00, 1315.33, 1160.67 y 1235.00. En cuanto al porcentaje de vacíos la media convencional fue de 5.20, y para las modificadas fueron de 3.93, 4.60, 4.90 y 5.13. Para flujo, la media fue de 7.20, 8.20, 11.27, 11.63 y 10.10 para la mezcla convencional y los diferentes porcentajes modificados. Para la humedad, la media convencional fue de 5.70; y para las mezclas modificadas fue de 1.37, 1.33, 1.50 y 1.40. Sobre los costos, para producir una briqueta con mezcla convencional el presupuesto fue de S/100.6, y para el diseño modificado con poliestireno, fue de S/85.58. En todos los casos, las diferencias fueron significativas al 1%. Por lo tanto, se concluyó que la resistencia mecánica varía significativamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

Palabras clave: resistencia mecánica, estabilidad, humedad, vacíos, flujo, densidad, poliestireno, mezcla asfáltica en frío.

Abstrac

The research sought to determine how much the mechanical resistance of the cold asphalt mixture with the addition of expanded polystyrene varies, Huancayo, Junín, 2021. For this, the scientific method was applied, an applied study was carried out on the type, it was explanatory on the level and had an experimental design. In this case, the sample size was 2 types of mixtures, one with a conventional design and the other with the addition of polystyrene. The polystyrene percentages were 0.01%, 0.02%, 0.03% and 0.04%. In each of them, 3 tests were carried out, making a total of 15 samples. Direct observation was applied. Among the results, it was obtained that the average bulk density (G) of the traditional asphalt mixture was 2.28, while for the mixture with the addition of 0.01%, 0.02%, 0.03% and 0.04% polystyrene it was 2.23, 2.19, 2.18 and 2.17. For stability (kg-f), the average for the traditional mixture was 929.00, while for the modified mixtures it was 1471.00, 1315.33, 1160.67 and 1235.00. Regarding the percentage of voids, the conventional mean was 5.20, and for the modified ones they were 3.93, 4.60, 4.90 and 5.13. For flow, the mean was 7.20, 8.20, 11.27, 11.63 and 10.10 for the conventional mix and the different modified percentages. For humidity, the conventional mean was 5.70; and for the modified mixtures it was 1.37, 1.33, 1.50 and 1.40. Regarding costs, to produce a briquette with a conventional mix, the budget was S/100.6, and for the modified design with polystyrene, it was S/85.58. In all cases, the differences were significant at 1%. Therefore, it was concluded that the mechanical resistance varies significantly with the addition of expanded polystyrene, Huancayo, Junín, 2021.

Keywords: mechanical strength, stability, moisture, voids, flow, density, polystyrene, cold mix asphalt.

Introducción

El pavimento flexible tiene una estructura que puede ser definida como estructuras viales, que están conformadas por la capa asfáltica y a su vez apoyada sobre una capa de menor rigidez, las que están compuesta por materiales granulares ligados o no tratados (base, sub base, afirmado, material de conformación o subrasante mejorada en algunos casos), que se soportan sobre subrasante o terreno natural. El pavimento flexible está conformado por: carpeta de rodadura, base intermedia y base asfáltica, no obstante, cuando los niveles de tránsito son bajos, esta capa puede ser únicamente constituida por la capa de rodadura. Ahora, el poliestireno expandido es un material de plástico celular y rígido fabricado a partir del modelo pre expandidas de perlas de poliestireno expandido o de los copolimeros, que presentan una estructura celular cerrada y rellena de aire.

Por ello, se plantea lo siguiente ¿Cuánto varía la resistencia mecánica de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021? Se responde con lo siguiente: la resistencia mecánica de la mezcla asfálticas variará positivamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021. La investigación busca determinar cuánto varía la resistencia mecánica de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021. Para ello aplica el método científico, se trabaja con estudio aplicada en el tipo, es explicativo en el nivel y tuvo un diseño experimental. En el caso, el tamaño muestral fue de 2 tipos de mezclas, una con diseño convencional y otra con adición de poliestireno.

En el capítulo 1 se presentó al planteamiento de problema donde está la delimitación los problemas la justificación y los objetivos. En el capítulo 2 encuentra el marco teórico conformado por los antecedentes, bases teóricas y el marco conceptual. En el capítulo 3 presenta la

hipótesis y las variables. En el capítulo 4 está la metodología tipo, nivel, diseño, población y técnicas aplicadas. En el capítulo 5 se encuentran los resultados para cada variable y dimensión además de la contrastación de hipótesis. Seguidamente se presentan al análisis y discusión las conclusiones recomendaciones y referencias

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel mundial, los proyectos de construcción de carreteras están enfocados en tecnologías que permitan reducir los requerimientos energéticos de las estructuras a construir. La mezcla de asfalto emulsionado en frío es un material de construcción de carreteras, definido por el uso de un tipo específico de aglutinante y la temperatura ambiente de mezcla, estas mezclas tienen una larga historia en Francia, en parte en Inglaterra, muy limitado en la República Checa. Estas mezclas tienen experiencia práctica y de laboratorio. Hasta hace poco, ni siquiera existía una especificación técnica para el diseño y uso de estas mezclas frías. En los últimos años, con la demanda de construcción o reparación de carreteras con bajo flujo de tráfico, el énfasis en tecnologías respetuosas con el medio ambiente y la demanda extremadamente baja de energía en el proceso de fabricación, el potencial de expansión del hormigón asfáltico emulsionado ha aumentado continuamente. Se trata de un trampolín para las actividades de investigación y laboratorio destinadas a caracterizar las propiedades de dichos materiales y especificar parámetros técnicos y requisitos en forma de reglamentos técnicos (Suda et al., 2016).

Las vías de comunicación terrestres son fundamentales para la sociedad, la economía, el turismo y otros, los cuales contribuyen con el desarrollo. En el Perú las principales vías terrestres están constituidas por pavimentos flexibles ya que son, en significancia, de menor costo al pavimento rígido, y otras, sus características resaltan su uso para grandes extensiones de carretera en las que se emplean. Cabe mencionar que este pavimento tiene sus inconvenientes, debido a que sufren de variaciones debido a la temperatura, la erosión, corrientes de agua, precipitaciones, el tráfico constante en las vías terrestres

asfaltadas, la capacidad del suelo llega a soportar la infraestructura vial, el tránsito y otros (R.M. N° 0137-2020 MTC/01, 2020).

Según los datos obtenidos del medio digital ComexPerú (2020). El sistema vial peruano está estructurado por tres niveles: la Red Vial Nacional (27 109 km), Red Vial Departamental (27 505 km), y Red Vial Vecinal (113 858 km), siendo los entes encargados el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), los gobiernos regionales, y los gobiernos municipales, respectivamente. Los avances del MTC en relación al porcentaje de vías pavimentadas han sido notorios en los últimos años subiendo de un 59.9% en el 2010 y a un 79.1% en el 2018. Mientras que las redes departamentales solo mantienen 3 623 km de vías pavimentadas el 2018, de manera que solo corresponde 13.2%. Por otra parte, entre las redes vecinales, los departamentos con un mayor porcentaje de vía pavimentada son: Ancash, Arequipa, Lambayeque, Loreto y Piura con un 39.6%, 32.8%, 31,2%, 30.3% y 28.41%, respectivamente. Esto resultados no son alentadores ya que el Perú depende de las comunicaciones terrestres pero la brecha de acceso terrestre aún está limitada.

El IPN (2017) señaló que cada vez se vienen desarrollando métodos y diversas técnicas para una adecuada construcción de caminos. Ahora en la actualidad se tiene vías de comunicación hechos de pavimentos flexibles y rígidos que proporcionan caminos seguros. El presente proyecto de investigación se centrará en el pavimento flexible. Entendiéndose como pavimento flexible aquella que en su composición se encuentra una capa o carpeta asfáltica o también conocido como pavimento flexible, utilizando agregado fino o grueso (grava, piedra machacada y arena) como parte de la mezcla y la adición del material bituminoso provenientes del petróleo. La mezcla es compacta, pero se deja una holgura para que esta absorba los golpes y fricción del tránsito lo suficientemente plástica en su contextura.

En los casos donde se presenta alto tráfico se utiliza pavimento flexible ya que este está compuesto de varias capas. Las capas están diseñadas para soportar diferentes tipos de capas; cuando la fuerza supera alguna capa, la fuerza es trasladada a la capa inferior a esa, de ese modo la fuerza es compartida entre todas las capas, así soportando el peso y fuerza suscitada en el pavimento. Las capas que conforma el pavimento flexible, tienen un orden descendente a la capacidad de carga; siendo la superior la de mayor capacidad, ya que esta soporta la mayor cantidad de carga, y por consecuente cada capa soporta menos carga a la comparada con la superior a cada una que la antecede. En promedio la vida útil de un pavimento flexible oscila en los 20 años, teniendo como mínimo aceptable el de 8 años (Facultad de Ciencias y Tecnología, 2004). Asimismo, con el objeto de contar con mejores propiedades mecánicas sobre el pavimento flexible se cuenta con aditivos como la emulsión asfáltica, la cual tiene aplicación en la mezcla asfáltica en frío y resulta ser menos costosa (R.D. N°22 - 2013 - MTC/14, 2013).

Los pavimentos flexibles con emulsión asfáltica son muy utilizados en las extensiones de pavimento en todo el territorio peruano, por su bajo costo y fácil transporte. Sin embargo, las altas y bajas temperaturas afectan su rendimiento, por ello se desea experimentar con la adición de un componente particular que viene a ser el poliestireno expandido, el cual tiene como propiedad la retención de la temperatura (López & Veloz, 2013). Las ventajas de la preparación de la emulsión asfáltica a temperatura ambiente ayudan a que el ligante no entre en estado de oxidación, por eso es muy utilizado en tratamientos superficiales, así evitando pérdidas económicas, ya que no ocasionan pérdidas en la evaporación de los solventes en el proceso de curado. Este tipo de emulsión tiene una óptima adherencia a diferentes tipos de agregados, sin necesidad de más aditivos; esperando resultados

aceptables y óptimos, para su posterior uso masivos, ya que ayuda con el medio ambiente la economía y su elaboración.

En base a lo expuesto la presente investigación se centrará en evaluar el cambio de las propiedades mecánicas que tiene la mezcla asfáltica incorporando el poliestireno expandido. Así saber cuál es la influencia del poliestireno expandido en el diseño de mezcla para pavimentos flexibles. Se espera que los resultados sean de utilidad para el MTC y el diseño de futuras carreteras con pavimento flexible.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Delimitación espacial

Para la elaboración, desarrollo, experimentación, proceso de resultados y presentación del proyecto de investigación. El presente proyecto se desarrolló bajo las condiciones climáticas, relieve y suelo del distrito de Huancayo, provincia de Huancayo, departamento de Junín.

1.2.2. Delimitación temporal

La información referente al desarrollo de la presente investigación se consiguió, como ya se ha indicado, mediante la ejecución de una serie de ensayos de laboratorio para saber cuál es la influencia del poliestireno expandido en el diseño de mezcla para pavimentos flexibles. El proyecto de investigación fue experimental, y se desarrolló durante el mes de enero de 2022.

1.2.3. Delimitación conceptual o temática

En la investigación se consideraron las variables: (a) resistencia mecánica, y (b) poliestireno extendido. La variable (a) es aquella capacidad de los cuerpos para resistir a fuerzas internas o externas que

se apliquen sin romperse. Esta resistencia depende de la geometría y de los materiales que lo componen (Universitat Jaume I , 2014). La variable (b), según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2008), es un material constituido de plástico espumado muy utilizado en diferentes sectores por ejemplo el de construcción, siendo uno de sus principales usos el térmico y acústico, teniendo diferentes funciones y adaptación es diferentes sectores; teniendo diversas aplicaciones.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuánto varía la resistencia mecánica de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuánto se modifica la densidad de las mezclas asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021?
- ¿Cuánto difiere la estabilidad de la mezcla asfáltica en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021?
- ¿Cuánto varía el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021?
- ¿Cuánto varía el flujo de la mezcla asfáltica en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021?
- ¿Cuánto varía la humedad de la mezcla asfáltica en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021?

- ¿Cuánto varían los costos de la mezcla asfáltica en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021?

1.4. Justificación

1.4.1. Social

El proyecto de investigación tuvo como objetivo determinar la resistencia mecánica del diseño convencional y con poliestireno expandido, de esta manera poder brindar un nuevo diseño en pavimento en caliente y en su composición la adición de poliestireno expandido. De esta manera, conociendo las ventajas del poliestireno expandido, al experimentar se obtuvieron nuevos y mejores conocimientos sobre las propiedades del pavimento. Logrando con la experimentación un diseño de calidad, utilizar productos reciclados, así minimizando de la contaminación, en el tiempo.

1.4.2. Teórica

En la tesis se buscó la experimentación en pavimentos para mejorar las propiedades mecánicas y así aportar en los pavimentos de construcción y así con uso del poliestireno expandido brindar mejores propiedades químico-física, dando mejor desempeño del pavimento y resistencia al pavimento. Con el apoyo de las bases teóricas, técnicas y normativas presentes en los documentos de consulta, como: Fernandez (1983), Rodriguez et. al. (2001), Rodriguez et. al. (2015), Resolución Directoral R.D. N°22 - 2013 - MTC/14 (2013), Resolución Ministerial R.M. N° 0137-2020 MTC/01 (2020) con estos documentos de consulta permitirán la realización de la investigación.

1.4.3. Metodológica

Para el desarrollo de la investigación se tomaron diferentes directrices con respecto al instrumento que se utilizó, en lo que respecta

a las técnicas, marco legal y normativo, necesarios, teniendo las siguientes como base de consulta y verificación de los resultados: R.M. N^o 0137-2020 MTC/01 (2020), R.D. N^o22 - 2013 - MTC/14 (2013). De esta manera poder generar un conocimiento confiable. Asimismo, para ejecutar la investigación se optó por un diseño experimental que permita evaluar la mezcla convencional su comparación con el poliestireno expandido.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar cuánto varía la resistencia mecánica de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

1.5.2. Objetivos específicos

- Analizar la modificación de la densidad de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.
- Evaluar cuánto difiere la estabilidad de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.
- Evaluar cuánto varía el porcentaje de vacíos de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.
- Evaluar cuánto varía el flujo de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.
- Evaluar cuánto varía la humedad de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

- Evaluar la variación de los costos de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes nacionales

Luque (2019) publicó la teoría titulada “Influencia de la incorporación del tereftalato de polietileno en el comportamiento de los parámetros del diseño Marshall del concreto asfáltico”. Teniendo como objetivo observar y analizar la incorporación del tereftalato de polietileno observando la influencia en el concreto asfáltico, utilizando el método Marshall en su desarrollo, por lo que procedieron a la obtención de agregados, se tuvo como base un diseño convencional asfáltico, gracias a esto tuvieron un punto de comparación así para obtener un resultado óptimo en el trabajo con probetas, con la adición del polietileno tereftalato en 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5% y 15%, esto correspondiente al peso al asfalto óptimo o el asfalto trabajado. Los resultados de la prueba de normalidad del % de PET y el flujo Marshall fue de significancia de 0.949 y su flujo significativo fue de 0.275. Respecto a la prueba de correlación del % de PET y el % de vacíos de aire fue de 0.970 de coeficiente de valor, concluyendo que el tereftalato de polietileno logra mejorar el comportamiento de estabilidad Marshall.

Arévalo y Lucho (2019) desarrollaron la investigación titulada, “Influencia de la incorporación de poliestireno en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente, Lima-2019”. La investigación tuvo como objetivo, determinar el porcentaje óptimo de la incorporación de poliestireno, para lograr la mejora de las propiedades mecánicas de las mezclas. La investigación fue de tipo aplicada, pre experimental, de enfoque cuantitativo. Finalmente, la investigación concluye en que la incorporación de poliestireno mejora las propiedades de mezclas asfálticas con un porcentaje óptimo del 0.3% de poliestireno. Además, el material termoplástico muestra que su uso

es confiablemente porque determina la rigidez, estabilidad y contenido de vacíos. Además, los valores se relacionan con las propiedades de trabajabilidad, estabilidad, flexibilidad, e impermeabilidad de mezclas asfálticas.

Pilares (2018) publicó la teoría titulada “Análisis del comportamiento de mezclas asfálticas en caliente con fibras de polipropileno incorporada para condiciones de zonas de altura”. Tuvo el objetivo de aplicar fibras de polipropileno en el comportamiento de la mezcla de asfalto en caliente, donde se evaluó en qué proporción la fibra de polipropileno en diferentes porcentajes (0,5%, 0.6% y 0.75%), las diferentes mezclas fueron realizadas en el Laboratorio de Estudios Especiales (LEE) y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), las pruebas fueron evaluadas con ensayos Marshall. Los resultados del ensayo Marshall para los tipos de mezclas fueron las siguientes, el n° de golpes por cara en ambas mezclas fueron 75, el contenido de fibra de polipropileno para la mezcla asfáltica modificada fue de 0.5%, 0.6% y 0.75%, el contenido óptimo de cemento asfáltico para la mezcla asfáltica convencional fue de 5.0 y la mezcla asfáltica modificada fue de 5.7, 5.3 y 6.1. Respecto al peso específico bulk para la mezcla asfáltica convencional fue de 2.488 g/cm³, para la mezcla asfáltica modificada fue de 2.432, 2.443 y 2.416, el porcentaje de vacíos fue de 2.7 para la convencional y para la modificada fue de 3.4, 2.9 y 3.2, para los vacíos llenos con cemento asfáltico fue de 2.7% para la convencional y para la modificada fue de 3.4, 2.9 y 3.2. El porcentaje de vacíos llenos de cemento asfáltico fue de 80.4 para la convencional y de 80.5, 81.5, 81.5 para la modificada. V.M.A. fue de 14.1% para la convencional, para la modificada fue de 16.7, 15.5, 17.6 respectivamente. Su estabilidad para la convencional fue de 1461.4 KN y para la modificada fue de 985.4, 2029.4 y 1371.4 respectivamente. Sin embargo, aún con estos valores de modulo tan bajos, los módulos

resilientes reportados de fibra de polipropileno modifica en un 0.6 % en la mezcla asfáltica, los que eran mayores que los módulos resilientes para la mezcla convencional.

Chilcon y Ramirez (2017), publicaron la teoría titulada “Elaboración de una mezcla asfáltica en frío almacenable para la reparación de pavimentos en el departamento de Lambayeque”. Teniendo como meta la de almacenar pavimento en base a una mezcla asfáltica en frío, se elaboró la mezcla asfáltica siendo evaluada por su resistencia con el método Marshall, teniendo 6 briquetas como muestra base, estas a su vez fueron evaluadas cada 7 días. Respecto al flujo (mm) fue de 8.89 y 8.55 mediano y pesado respectivamente. Respecto al peso específico bulk del espécimen (g/cm³) fue de 2.28 tanto en asfalto mediano y pesado. El % de vacíos totales de la mezcla fue VTM, se halló un 4.72 y un 4.80 tanto en mediano como pesado respectivamente. El % de vacíos totales del agregado mineral VMA, la masa mediana fue de 18.12 y la masa pesada fue de 18.20 y para el % de vacíos llenos con asfalto, VFA, fue mediano 73.95 y la masa fue pesado en un 73.70, la investigación concluyó que los resultados del análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los áridos de la cantera Tres Tomas cumplen con los rangos mínimos y máximos indicados por el MTC, el mejor empaque para almacenar la mezcla asfáltica fría es en un balde de plástico, ya que puede preservar más humedad y mantener la estabilidad y fluidez de la mezcla asfáltica fría y la proporción de la mezcla agregada es 60% de arena y 40% de grava, que cumple con uno de los grados de mezcla fría densa de segundo grado (MDF-2) del Ministerio de Transporte.

Tueros (2017) publicó la teoría titulada “Incorporación de polvo de caucho en mezcla asfáltica convencional para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura frente al ahuellamiento en la ciudad de Huancayo”. La investigadora tuvo como principal objetivo

analizar y verificar el comportamiento de la superficie de rodadura frente al ahuellamiento al incorporar polvo de caucho en la mezcla asfáltica convencionales, la metodología de investigación que aplicó fue la de tipo tecnológica, un nivel experimental correlacional, método científico – cuantitativo, el diseño de investigación fue causal correlacional, se tuvo como población el cemento asfáltico PEN 85/100 en el análisis se utilizó una muestra no aleatoria o dirigida al 1%, 2% y 3% del peso total de la muestra, en ensayos Marshall (80 briquetas). Contenido de Bitumen en los Agregados (2400 gr. de la muestra en campo), Ensayo Cántabro (20 briquetas) y 02 Paños de Prueba (1.00 x 1.00 m, e=2”). Concluyendo que la mezcla mejora con la incorporación de polvo de caucho influyendo en el comportamiento de la superficie de rodadura, lo que influyó en la estabilidad en 85%, 87% y 97%; además, la incorporación de caucho en polvo tiene un impacto del 57% sobre la mezcla asfáltica tradicional para mejorar la durabilidad del pavimento asfáltico, la incorporación de polvo de caucho en la mezcla de asfalto tradicional puede reducir la deformación plástica de la superficie de conducción.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Delbono (2019), publicó la investigación “Restauracion de pavimentos: adherencia entre capas con interposición de geosintético de diferencia abertura de malla.” El investigador tuvo como objetivo plantear una nueva metodologia de restauracion de la capa asfáltica, por intervencion de un material geosintético el cual sirvió para retardar el crecimiento de fisuras en el pavimento, esto se dio cuando las capas asfálticas trabajen y se conformen de manera solidaria, se identificó un método de investigación analítico, con un diseño experimental y un alcance explicativo. En los resultados de laboratorio de la investigación establece que el MAC PET 20 x 20 mm tuvo un trabajo de 402, 94 kg.mm, el MAC PET 30 x 30 mm tuvo un trabajo de 626.43 kg.mm, el

MAC 40 x 40 tuvo un trabajo de 511, 85 mm, el MAC PET 60 x 60 mm tuvo un trabajo de 229.73 mm y el MAC PET 120 x 70 mm tuvo un trabajo de 234.90 kg.mm. Por ello el investigador planteó un estudio de adherencia entre las capas de hormigón de cemento Portland y la capa de mezcla asfáltica convencional, poniendo entre ellas una geofdrilla con diferentes aberturas de gradilla en la malla, utilizaron como agente de adhesión una mezcla asfáltica modificada con polímeros.

Aimacaña (2017) desarrolló la investigación titulada, “estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales”. La investigación tiene como objetivo, estudiar el comportamiento de la estabilidad y flujo de las muestras compactadas. La investigación fue de tipo aplicada y de diseño experimental por la ejecución de los ensayos Marshall de estabilidad y flujo de las muestras. La investigación concluyó en que, la mezcla asfáltica óptima modificada con el 1% de polímero, quedó definida por 60% de agregado grueso, 39% de agregado fino, 1% de polímero (P.E) y 6.0% de asfalto. Por lo tanto, para determinar los resultados, se tomó en cuenta el Ensayo Marshall, con la finalidad de obtener un resultado promedio correcto y de esta manera se descarta los valores evidentemente erróneos.

2.2. Bases Teóricas o Científicas

2.2.1. Resistencia mecánica de mezclas asfálticas

2.2.1.1. Definición de resistencia mecánica

Según Jaume (2014) la resistencia mecánica es aquella capacidad de los cuerpos para resistir a fuerzas internas o externas que se apliquen sin romperse. Esta resistencia depende de la geometría y de los materiales que lo componen. Por otro lado, la resistencia de los materiales, es una combinación de las fuerzas, los datos de materiales

y la geometría para generar modelos y analizar su resistencia mecánica, entre los diversos métodos para medir, se encuentra el ensayo de tracción, el ensayo por probeta, etc. (p.55).

Según Rondon y Reyes (2015) Previo a definir la resistencia mecánica del pavimento, es necesario definir lo que es un pavimento flexible. Según la R.D. N°22 - 2013 - MTC/14 (2013), “el pavimento flexible es todo aquello que en su composición está habilitado para trabajos de pavimentación con riesgos, tratamientos superficiales, sellos, morteros asfálticos, emulsiones y concretos asfálticos en caliente o frío” (p.3).

El pavimento flexible tiene una estructura que puede ser definida como estructuras viales, que están conformadas por la capa asfáltica y a su vez apoyada sobre una capa de menor rigidez, las que están compuesta por materiales granulares ligados o no tratados (base, sub base, afirmado, material de conformación o subrasante mejorada en algunos casos), que se soportan sobre subrasante o terreno natural (Rondon & Reyes, 2015, p.32). El pavimento flexible está conformado por: carpeta de rodadura, base intermedia y base asfáltica, no obstante, cuando los niveles de tránsito son bajos, esta capa puede ser únicamente constituida por la capa de rodadura (Rondon & Reyes, 2015).

2.2.1.2. Definición de mezclas asfálticas

Según el Manual de Carreteras del MTC (2013), “las mezclas asfálticas es la combinación de agregados pétreos y ligante asfáltico”(p.25). Estos son: Mezclas tibias, mezclas asfálticas modificadas, mezclas abiertas en caliente, mezclas discontinuas o microaglomerados en caliente, mezclas densas en frío, arena – asfalto, tratamientos superficiales lechadas (slurry and seal), concreto asfáltico

o mezcla densa en caliente, mezclas asfálticas drenantes, y mezclas abiertas en frío.

Los materiales granulares son capaces de ser estabilizados en frío o caliente, deseando que posean algunas propiedades esenciales como: resistencia al envejecimiento, resistencia a las deformaciones permanentes, resistencia a fatiga, resistencia bajo carga monotónica a tracción (estabilidad), durabilidad, resistencia a las condiciones ambientales, trabajabilidad, y resistencia al deslizamiento economía (R.D. N°22 - 2013 - MTC/14, 2013).

Los diversos tipos de mezclas asfálticas tienen en su composición diferentes agregados. Asimismo, las diferencias presentadas en cada una de sus funciones dentro de la estructura del pavimento, y dependiendo también del ligante y material asfáltico utilizado (R.D. N°22 - 2013 - MTC/14, 2013).

i) Características de las mezclas asfálticas

El cemento asfáltico (CA 60-70), son caracterizados por el cumplimiento de las características expresadas en la Resolución Directoral N°22 - 2013 - MTC/14. (2013), para caracterizarlos, los resultados que debe tener las características generales, se presentan en la Tabla 1. Donde se observa que el asfalto deberá cumplir con los requisitos mínimos de calidad para su posterior utilización (Castro et al., 2016).

Tabla 1
Características Generales del CA 60-70.

Ensayo	Método	Unidad	Recomendado INVIAS (25)	Resultado
Ensayos sobre el asfalto original				
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	ASTM D-5	0,1 mm	60-70	65
Índice de penetración	NLT 181/88	-	Entre -1 y +1	-0,8
Viscosidad absoluta (60°C)	ASTM D-4402	Poises	1000 mín.	1800
Ductilidad (25°C, 5cm/min)	ASTM D-113	cm	>100	>105
Punto de ablandamiento	ASTM D-36-95	°C	-	50
Solubilidad en <u>Tricloroetileno</u>	ASTM D-2042	%	>99	>99
Contenido de agua	ASTM D-95	%	<0,2	<0,2
Punto de inflamación	ASTM D-92	°C	232 mínimo	285
Ensayos sobre el residuo luego del RTFOT				
Pérdida de masa	ASTM D-2872	%	1,0 máximo	0,65
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	ASTM D-5	% (de la penetración original)	48 mínimo	73

Nota. tomado de “Evaluación de las propiedades reológicas y térmicas de un asfalto convencional y uno modificado con un desecho de PEBD” por Castro, Rondón y Barrero (2016), Bogotá, Colombia

ii) Compuestos de la Mezcla asfáltica.

- **Material asfáltico.** Puede ser cemento asfáltico AC— 2.5, AC— 5, AC— 10, AC— 20, AC— 30 y— AC— 40. Los AC— 5 son reconocidos como emulsiones.
- **Emulsión asfáltica.** Caracterizado por sus propiedades aniónicas (-) y catiónicas (+), las que también se pueden caracterizar por su rompimiento medio, rápido y lento.
- **Agregados pétreos.** O también conocido como petróleo.

iii) Mezcla de Pavimento asfáltico en frío

Según la Resolución Directoral N°22 - 2013 - MTC/14, el trabajo en la elaboración y disposición de las mezclas asfálticas en frío, son evaluadas con respecto las diferentes capas en las que se va a utilizar,

debiendo ser debidamente preparadas e imprimadas, de acuerdo con la especificación de la Resolución Directoral ya mencionada, respetando los requisitos requeridos en el proyecto en desarrollo. Debiendo tener consideración con la tecnología menos utilizada desviado a la intervención ambiental y técnica, donde la normativa indica que su aplicación se limite si es estrictamente indispensable, con respecto al bajo volumen de tránsito, ubicación u otros factores externos (R.D. N°22 - 2013 - MTC/14, 2013).

Mezcla densa en frío, son capas de mezcla, que también son conocidas como rodadura, base e intermedia. Si fuera el caso de que esta solo el pavimento tuviera en su composición una capa asfáltica, esta deberá ser de rodadura; si en su composición es de 2 capas asfálticas, será denominadas rodadura intermedia; si contiene 3 o más capas, las subyacentes recibirán el nombre base (Fernandez, 1983).

2.2.1.3. Propiedades de las mezclas asfálticas.

- **Durabilidad:** según Badillo y Rodríguez (2004) es de la mezcla asfáltica el tiempo de existencia en su vida útil, teniendo en consideración la oxidación, perdida por volatilización de sus compuestos, estas pérdidas debido a las temperaturas a las que se expone la mezcla.
- **Tiempo de vida útil:** según Badillo y Rodríguez (2004), las mezclas asfálticas, deben poseer las características de ser más rígidas, la pendiente menor a la ley de fatiga, teniendo en consideración estas últimas el tiempo de vida se extenderá o decaerá, ya que a menor concentración el tiempo de duración será menor al promedio.
- **Densidad:** según Rondon y Reyes (2015), es la determinación del peso unitario de una mezcla compactada. Se considera que

cuando al finalizar el pavimento este tiene mayor densidad, entonces se tendrá un mejor rendimiento. Se tiene como unidad de medida el libra por pie cubico (lb/ft^3) o metro cubico (kg/m^3). Esta es calcula en una multiplicación de la gravedad especifica con la densidad del agua.

- **Vacíos de aire:** según Rondon y Reyes (2015), son los espacios vacíos que se pueden apreciar en la mezcla compactada. Los espacios vacíos sirven como un espacio para cuando el pavimento ya esté listo para la circulación vehicular, esta tenga la propiedad de amoldarse a la fuerza del tránsito que la misma soportara. El porcentaje de vacío recae en que dependerá si por exceso la mezcla será permeable o por su poca presencia de qué vacíos ocasionaría exudación del asfalto.
- **Viscosidad:** Según la Resolucion Directoral N°18-2016- MTC/14 (2016) la viscosidad viene a ser el estado fluidez en los que se encuentran los asfaltos en el momento de su aplicación. Este es medido por un viscosímetro capilar de flujo inverso o Saybolt, siendo su unidad de medida (SSF).

2.2.1.4. *Ensayo Marshall para diseño de mezclas*

El método Marshall es un tipo de ensayo empleado para el diseño de mezclas de pavimentos, este método tiene como propósito determinar el contenido que es óptimo para la combinación de agregados en un asfalto (Garnica et al. , 2004). Asimismo, el método dota de información para las propiedades de la mezcla, estableciendo estabilidad, densidad, contenido de vacíos y viscosidad (UDLAP, 2012).

a. Evaluación y pruebas de mezclas asfálticas según el ensayo Marshall

i) Determinación de la gravedad

En la estructura del ensayo Marshall se tiene presente a la gravedad específica. La determinación de la gravedad específica puede ser desarrollada lo más antes posible como el espécimen que se enfrió en un cuarto temperado. Dicha determinación se realizará según la Norma ASTM D1188, gravedad específica de mezclas asfálticas compactadas haciendo uso de la parafina; o ASTM D2726, gravedad especificada de mezclas asfálticas compactadas haciendo uso de áreas saturadas de especímenes secos. Para establecer la norma que se va a emplear, serán realizadas pruebas de absorción a la mezcla asfáltica compactada; se hace uso de la Norma ASTM D1188 si la absorción resulta mayor al 2%, si sucede lo contrario, se hace uso de la Norma ASTM D2726 (Garnica et al., 2004, p.8).

ii) Prueba de flujo y estabilidad

Luego de establecer la gravedad específica, es desarrollada la prueba de estabilidad y flujo, el cual se basa en colocar al espécimen en un baño María a $60^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$ ($140^{\circ} \text{F} \pm 1.8^{\circ} \text{F}$) de 30 a 40 minutos previo a la realización de la prueba. Al contar con el equipo listo, el espécimen será removido del baño María, secándose la superficie de manera cuidadosa. El cual después, debe de ser colocado al centro de la mordaza inferior, luego será colocado en la mordaza superior, llegándolo a centrar al aparato de carga. Luego será aplicada la carga a la prueba del espécimen a una deformación constante de 51mm (5”), esperando que la falla ocurra. Se debe de definir el punto de falla por la lectura de carga máxima lograda. La cantidad total de lb (Newtons) necesarios para que se presente la falla del espécimen debiendo ser

registrada como el número de equilibrio Marshall (Garnica et al., 2004, p.9).

- Valor de estabilidad de Marshall

El valor de equilibrio Marshall es una cantidad de la carga bajo el que cualquier probeta falle y ceda en su totalidad. En medio del ensayo, los cabezales de los extremos del aparato tienden a acercarse cuando se aplica la carga lentamente, y en la carga de la briqueta se incrementa la lectura en el indicador de cuadrante. Después es suspendida la carga, luego de conseguir la cantidad máxima. La carga máxima indicada por el medidor es el Valor de Equilibrio Marshall. Ya que la estabilidad Marshall es la cantidad de la resistencia de una mezcla frente a la deformación, hay una tendencia donde se cree que, si un valor es de equilibrio adecuado, por lo tanto, el valor podrá ser mejor.

Para diferentes materiales de esta carrera, la resistencia que tiene el material es una medida de la calidad; no obstante, no es un caso de mezclas asfálticas en caliente. Las estabilidades extremadamente altas obtenidas de la durabilidad (UDLAP, 2012, p. 4).

- Valor de fluencia

Su valor se mide en centésimas de pulgada, siendo esta una deformación para la briqueta. La deformación es evidenciada por la reducción en el diámetro vertical de la briqueta. Las mezclas que presentan cantidades inferiores de fluencia y valores altos de estabilidad Marshall son muy frágiles y duras para que se empleen en un pavimento. Las que presentan números altos de fluencia son muy plásticas, y cuentan con una tendencia a la deformación facial respecto a las cargas de tránsito (UDLAP, 2012, p. 4).

iii) Análisis de densidad y vacíos

Después de ser completados los ensayos de fluencia y equilibrio se busca realizar un análisis del nivel de densidad y vacíos para cada cantidad de probetas de prueba. El objetivo de dicho análisis es establecer la cantidad porcentual de vacíos en una mezcla compactada (UDLAP, 2012, p. 4).

Es necesario establecer la gravedad específica teórica máxima (ASTM D241) mínimamente para dos tipos de asfalto, en preferencia los que se hallen cerca del contenido óptimo asfáltico. De dichos valores se calculará la cantidad promedio de la gravedad específica efectiva de la totalidad del agregado. Empleando la gravedad específica y la efectiva de la totalidad del agregado; el promedio de las gravedades específicas de las mezclas compactadas; ambas gravedades son calculadas del porcentaje asfáltico absorbido del peso del agregado sin líquidos, nivel porcentual de vacíos (V_a); nivel porcentual de vacíos llenos de asfaltos (VFA) y el porcentaje de vacíos de los agregados minerales (VMA) (Garnica et al., 2004, p. 9).

- Análisis de vacíos

Dichos vacíos son globos de aire hallados en las partículas del agregado, las cuales fueron revestidas asfálticamente. La cantidad porcentual de los vacíos es calculada a partir de la totalidad del peso específico teórica de la mezcla de pavimentación (sin vacíos). Este se calcula a partir de los pesos asfálticos y el agregado de la mezcla, con un margen apropiado para considerar el número asfáltico absorbido por el agregado; de manera directa a través de un ensayo normalizado realizado en la muestra de la mezcla sin el compacto. La totalidad del peso específico de las probetas compactadas es establecido considerando las probetas en agua y aire (UDLAP, 2012, p. 6).

- Análisis de pesos unitarios

Es determinado el peso unitario promedio mediante el peso específico de la totalidad de la mezcla por kg/m^3 (62.4 lb/ft^3) (UDLAP, 2012, p. 6).

- Análisis de VMA

A los vacíos hallados en el agregado mineral se los definen de acuerdo al espacio entregranular de vacíos hallados entre las partículas de agregado de la mezcla de pavimentación compacto, en esto se incluyen los vacíos de aire y la cantidad asfáltica, y son expresados por un porcentaje del volumen de la mezcla total. El VMA se calcula de acuerdo a la totalidad del peso. Por ende, el VMA se calcula de la resta del volumen de agregado (se establece mediante el peso específico de la totalidad del agregado) con la totalidad de la mezcla compactada (UDLAP, 2012, p. 6).

- Análisis VFA

Los vacíos llenados de asfalto, VFA, son de nivel porcentual de vacíos intergranulares entre los agregados (VMA) que se hallan llenos de asfalto. Este ítem abarca el aire y asfalto, y por ende, el VFA es calculado de la resta de los vacíos de aire del VMA, y después se divide por el VMA, llegando a expresar la cantidad final a través del porcentaje (UDLAP, 2012, p.6).

2.2.2. Poliestireno expandido

2.2.2.1. Definición de poliestireno expandido

De acuerdo al Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2008), define al poliestireno expandido como “un material de plástico celular y rígido fabricado a partir del modelo pre expandidas de perlas de poliestireno expandido o de los copolimeros, que presentan una estructura celular cerrada y rellena de aire” (p.23).

2.2.2.2. Características

Según la Guía técnica para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios (2008), el poliestireno expandido tiene como principales características:

- Transmisor de fluidos: tiene a habilidad de que el material contenga vacío, esto hace que los líquidos fluyan.
- Aislante térmico: ya que su composición está casi en un 98% compuesto de aire, esto le da la función de aislante.
- Amortiguador de vibraciones: entre los benéficos del EPS, este tiene la capacidad de amortiguas las vibraciones producido por los vehículos, debido a su relación entre su rigidez y densidad.
- Inclusión compresible: es la capacidad del EPS para ser colocada sobre o detrás de las estructuras, proporcionando la reducción de la carga.

A. Propiedades

- **Resistencia y conductividad térmicas:** los valores del poliestireno extendido deben tener una conductividad térmica $\lambda_{90/90}$ y resistencia térmica $R_{90/90}$. Los valores

90/90 redondean a la alza y baja, correspondiente a cada una de las ya mencionadas para obtener los valores declarados, R_D y λ_D . Las que son reconocidas a una temperatura de 10°C y en $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ para la resistencia térmica, y en $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ para la conductividad térmica. (García et al., 2016)

- **Estabilidad:** se pueden obtener dos tipos de estabilidad dimensional dependiendo de su procedencia. La primera es referente a la que se obtiene en condiciones de laboratorio constante (23°C y 50% de humedad relativa), y la segunda es referida a la humedad y temperatura, a las que se expone e a la mezcla en un plazo de 48 h en promedio. La estabilidad dimensional muestra cuanto puede ser alterado el material antes los cambios ambientales. También pudiéndose usar en pruebas de durabilidad de la resistencia térmica frente a distintos ambientes climatológicos, como: al calor, la climatología, el envejecimiento y la degradación (García et al., 2016).
- **Deformación:** se expresa cuando un material es sometido a carga y se pueda indicar el comportamiento; el comportamiento de deformación dependerá de los cambios en la temperatura medioambiental, siendo directamente proporcional a la temperatura del ambiente (García et al., 2016).
- **Tensión de compresión:** se utiliza cuando en la aplicación de carga, esta aplica tensión sobre el material aislante. Se aplicará cuando exista una deformación en un 10 % de espesor (García et al., 2016).

- **Fluencia de comprensión;** se da cuando la carga específica está relacionada con el tiempo y estas están bajo la influencia de una compresión (García et al., 2016).
- **Absorción de agua;** son estudios para poder determinar el comportamiento del poliestireno al estar en contacto con el medio acuático (García et al., 2016).

2.2.2.3. *Poliestireno extendido utilizado en asfalto*

Según la Resolución Directoral N°22 - 2013 - MTC/14 (2013), viene a ser la composición de un cemento asfáltico como material, y un compuesto bituminoso, teniendo en consideración que se tiene agentes emulsificantes al agua y un emulsificador con polímeros, que estos dos materiales producirán un desequilibrio al momento de su contacto, llevando a las partículas del asfalto a adherirse al material pétreo de la superficie. Estos materiales pueden ser utilizados en liga y riesgos de imprimación, sellados de tratamientos superficiales, morteros asfálticos, arena asfalto, micro pavimentos y mezclas abiertas en frío. Al incorporar en los pavimentos bituminosos la emulsión asfáltica modificada con polímeros, estos deben estar de acuerdo con el diseño y fórmula de trabajo aprobados. Buscando una distribución homogénea en la mezcla así garantizarse que el producto es de buena calidad.

2.3. Marco conceptual (de las variables y dimensiones)

- **Densidad:** Es la relación que tiene el material (masa-total) con el total de partículas sólidas del volumen total (se excluye el volumen ocupado por los poros) (Martínez, 2009, p. 61).
- **Durabilidad del concreto asfáltico:** Es una propiedad capaz de resistir la desintegración de la mezcla asfáltica de pavimentación por efectos ambientales (acción del agua, incluyendo congelamiento y deshielo) o de tráfico (R.M. N° 02-2018 - MTC/14, 2018).
- **Ensayo marshall:** Es un método para la obtención del contenido de asfalto y en sus diferentes parámetros de calidad, en una mezcla bituminosa (R.M. N° 02-2018 - MTC/14, 2018).
- **Pavimento flexible:** Es constituido por materiales bituminosos como: aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivo (R.M. N° 02-2018 - MTC/14, 2018).
- **Viscosidad:** es el fluido que produce resistencia a las tensiones cortantes o de tracción que producen deformaciones (Mott, 1996).
- **Costo:** viene a ser el desembolso económico que se realiza para la producción de algún bien o la oferta de algún servicio. El costo incluye la compra de insumos, el pago de la mano de obra, los gastos en la producción y los gastos administrativos, entre otras actividades (Salinas, 2003).

Tipos de costos según diversos criterios:

Según la relación entre los factores de producción y los productos:

- Costos indirectos. Son aquellos costos que tienen consecuencias sobre la producción en forma total, es decir, que no pueden ser asignados a un determinado producto. Los costos deben ser repartidos equitativamente entre todos los bienes producidos (Salinas, 2003).
- Costos directos. Son aquellos costos que pueden ser asignados a cada bien o servicio en particular. Es la sumatoria de los costos de mano de obra (incluido las leyes sociales), materiales, equipos - herramientas; necesarios para la realización de las partidas de un presupuesto de obra (Salinas, 2003).

Según su naturaleza:

- Costos de mano de obra. Son aquellos costos que derivan del pago de salarios de todos los miembros que participan en el proceso productivo y de todos los que forman parte de la estructura empresarial (Salinas, 2003).
- Costos de materia prima. Son aquellos costos en los que se incurre al adquirir la materia prima realizar un determinado producto (Salinas, 2003).
- Costos financieros. Son aquellos costos que se necesitan para el financiamiento del negocio (Salinas, 2003).
- Costos de distribución. Son aquellos costos que se producen en el sistema de distribución del producto (Salinas, 2003).
- Costos tributarios. Son aquellos costos relacionados al pago de impuestos (Salinas, 2003).

Según su comportamiento:

- Costos fijos. Son aquellos costos más allá de la producción obtenida, es decir, que su valor no varía según lo producido. Los costos fijos solo pueden ser estipulados a corto plazo, ya que con el correr del tiempo eventualmente varían. Algunos ejemplos son: el pago de alquileres y los impuestos (Salinas, 2003).
- Costos variables. Son aquellos costos que varían en relación a lo producido, es decir, que si se aumenta la producción estos costos serán mayores y viceversa. Algunos ejemplos son: la cantidad de materia prima utilizada (Salinas, 2003).

CAPÍTULO III HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

La resistencia mecánica de la mezcla asfálticas variará positivamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

3.2. Hipótesis específicas:

- La densidad de la mezcla asfálticas en frío se modificará significativamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.
- La estabilidad de la mezcla asfálticas en frío diferirá significativamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.
- El porcentaje de vacíos de la mezcla asfálticas en frío variarán considerablemente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.
- El flujo de la mezcla asfáltica en frío varía considerablemente con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.
- La humedad de la mezcla asfálticas en frío varía considerablemente con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.
- Los costos de la mezcla asfálticas en frío variarán considerablemente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

3.3. Variables

3.3.1. Definición conceptual de la variable

- a) **Resistencia mecánica de mezclas asfálticas.** La resistencia mecánica es aquella capacidad de los cuerpos para resistir a fuerzas internas o externas que se apliquen sin romperse. Esta resistencia depende de la geometría y de los materiales que lo componen (Universitat Jaume I , 2014).
- b) **Poliestireno expandido.** Es un material plástico espumado, poseyendo diversas utilidades como el sector construcción, envases, materiales de bajo costo (Rodriguez et al., 2001).

3.3.2. Definición operacional de la variable

- a) **Poliestireno expandido.** Viene a ser un material plástico espumado utilizado como emulsificante en las emulsiones asfálticas, para comprobar la durabilidad de la mezcla asfáltica que se desea diseñar.
- b) **Resistencia mecánica.** Viene a ser la capacidad de no rompimiento del pavimento, de esta manera se puede hacer frente a fuerzas externas, tomando en cuenta la estabilidad, la densidad y la viscosidad.

3.3.3. Operacionalización de la variable

La Tabla 2 contiene la operacionalización de las variables para tener mayor visión del tema y su manejo.

Tabla 2
Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala		
Poliestireno extendido	El poliestireno expandido es plástico espumado mayormente utilizado en el sector de la construcción, por sus características de aislante acústico y térmico, también utilizado en diferentes industrias como envases y otros. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2008).	Viene a ser un material plástico espumado utilizado como emulsificante en las emulsiones asfálticas, para comprobar la durabilidad de la mezcla asfáltica que se desea diseñar.	Propiedades del Poliestireno	Módulo de finura		Razón		
				Coeficiente de uniformidad		Razón		
				Gradación por tamizado		Razón		
				Porcentaje de proporción de poliestireno expandido 0.01		Razón		
			Proporción, cantidad para el diseño	Porcentaje de proporción de poliestireno expandido 0.02				
				Porcentaje de proporción de poliestireno expandido 0.03				
				Porcentaje de proporción de poliestireno expandido 0.04				
				10 – 15 años asfalto tradicional			Razón	
			Periodo de vida útil	20 – 25 años asfalto modificado				
			Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío	La resistencia mecánica es aquella capacidad de los cuerpos para resistir a fuerzas internas o externas que se apliquen sin romperse. Esta resistencia depende	Viene a ser la capacidad de no rompimiento del pavimento, de esta manera se puede hacer frente a fuerzas externas, tomando en cuenta la estabilidad, la	Flujo	Método Marshall	
Humedad	Método Marshall					Intervalo		
Densidad	Método Marshall					Intervalo		
Estabilidad	Método Marshall					Intervalo		
Vacios	Método Marshall					Intervalo		
Costos	Directos Indirectos					Razón		

de la geometría y de densidad y la
los materiales que lo viscosidad.
componen
(Universitat Jaume I ,
2014).

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación

Para Bernal (2010), el método científico es un conjunto de procesos debidamente ordenados, agrupados, coherentes y cohesionados que permiten alcanzar un conocimiento o resolver un problema utilizando conocimiento previo.

En la investigación se recurrió a una serie de pasos correctamente alineados, consecutivos, ordenados y sistematizados para lograr el objetivo alcanzado, dar solución al problema descrito y a su vez generar nuevo conocimiento práctico referente a la aplicación del poliestireno expandido para modificar las propiedades de resistencia mecánica del asfalto. Si estos pasos no se encuentran ordenados y no tienen coherencia no se podrá asegurar el éxito del estudio.

Por lo descrito anteriormente, en el estudio se hizo uso del método científico para dar respuesta a las interrogantes de la investigación, comprobar la hipótesis mediante la experimentación correctamente realizada.

4.2. Tipo de investigación

De acuerdo con Lino (2009), una investigación aplicada, conocida también como investigación científica activa, utilitaria o dinámica, es un tipo de estudio que emplea la teoría, la literatura referente a un tema u otros aportes para ser utilizados y aplicados a fin de dar solución a un problema real.

En la investigación se indagó como el porcentaje de poliestireno expandido modifica las propiedades de resistencia en el diseño de mezcla para pavimentos flexibles, para lo cual se aplicó la teoría

referente a diseños asfálticos e identificar los cambios producidos en su diseño y resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío.

Por lo tanto, el estudio fue aplicada ya que se dio solución a un problema identificado con respecto a la resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío del diseño asfáltico utilizando el poliestireno expandido.

4.3. Nivel de investigación

Siguiendo los aportes de Hernández et al. (2014), el nivel explicativo busca mediante hechos establecer la causa y efecto entre las variables en cuestión, mediante una prueba de hipótesis. Además, obteniendo resultados verídicos de la experimentación, los estudios explicativos buscan responder a los criterios de causa y efecto ante ciertos hechos.

En el estudio se pretendió mostrar el efecto que tiene el poliestireno expandido en la mezcla asfáltica, específicamente en sus propiedades mecánicas. Es por ello el tratamiento de las variables tienen que ser de nivel explicativo, para poder demostrar el objetivo y diseñar la mezcla.

Por tanto, la tesis fue una investigación de nivel explicativo porque se buscó determinar los efectos de la adición de poliestireno expandido en el diseño y propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas.

4.4. Diseño de la investigación

De acuerdo con Espinoza (2010), el diseño experimental, es cuando se somete a la variable dependiente a ciertos factores que componen la variable independiente, a fin de obtener resultados diversos y medir la influencia de la independiente sobre la dependiente. Dentro de este diseño existen dos tipos los pre experimentales y los cuasi

experimentales. En el estudio se pretende experimentar con el diseño de mezcla asfáltica, a fin de cambiar sus propiedades de resistencia mecánica, e identificar la influencia que tiene la adición del poliestireno.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

La población es el objeto de estudio y sobre el cual se desea generar resultados, entonces una población es un conjunto que concuerda con una serie de especificaciones, la población o universo es o son las “unidades totales de análisis del conjunto a estudiar”, este conjunto puede estar constituido por objetos, individuos, organismos, fenómenos, historias clínicas, elementos, etc. que se caracterizan por presentar determinadas cualidades susceptibles para los fines del estudio (Carrillo, 2015).

4.5.2. Muestra

La muestra viene a ser una parte adecuada y representativa parte de la población; es decir, la muestra reúne las principales características del universo y que guarda relación con las particulares condiciones que se estudian, la muestra de la investigación se obtuvo a partir de las mezclas asfálticas a diseñar. En el caso, el tamaño muestral fue de 2 tipos de mezclas, una con diseño convencional y otra con adición de poliestireno (Espinoza E. , 2016).

4.5.3. Muestreo

La muestra viene a ser una parte adecuada y representativa

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos son un conjunto de normas y modelos que sirven para orientar las acciones de los científicos en la fase de investigación. Son herramientas de proceso y estratégicas que aceptan el conocimiento previo sobre sus beneficios y ejecución, para que los investigadores puedan elegir y elegirlos es una tarea sencilla. Por otro lado, la recopilación de datos es un proceso que se realiza de acuerdo con un plan preestablecido (Monje, 2011).

En este caso se hizo uso de la observación directa como técnica para recopilar datos, esta técnica es un proceso a través del cual son percibidos de manera deliberada diferentes rasgos presentes en la realidad mediante un esquema conceptual previo y con fundamento en determinados objetivos definidos de manera general por la conjetura que se busca estudiar (Campos & Lule, 2012).

4.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Ya que la técnica a emplear fue la observación, se optó por emplear una ficha de observación, el cual es un instrumento de las técnicas de investigación para la recolección de datos, referido a un objetivo específico, en el que se observa el comportamiento de la variable o variables de interés (Rojas, 2011).

La tesis tuvo como instrumento a la ficha de observación para la recopilación de datos, donde se recolectaron los datos obtenidos en la experimentación, es cual estará estructurada de acuerdo a los indicadores de resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío que se desean analizar.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Este proyecto se realizó en las instalaciones de la Universidad Peruana los Andes, en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil. Donde se utilizarán las fichas de observación, las que serán procesadas en datos, para su posterior manejo en hojas Excel, para poder definir cuál sería el mejor diseño para pavimentos.

La información obtenida mediante la recolección de datos, mediante las fichas de observación fueron procesadas y analizadas, con el uso de programas de procesamiento informático que pueda brindar el procesamiento estadístico descriptivo e inferencial como el Microsoft Excel y SPSS.

El ensayo se realizó en laboratorio particular ya que el de la universidad estaba cerrado por la crisis de salud.

Para el análisis de datos se tuvieron dos posibles opciones para comparar el diseño de las mezclas, que dependieron de la normalidad de los datos, pues si es los datos son normales se aplicará el ANOVA de un factor que se utiliza para comparar múltiples grupos en una variable cuantitativa. Además, se podrá emplear un t de Student para muestras independientes (Massart, 1997).

Si los datos tienen una distribución no normal, se aplicó Kruskal – Wallis, en estadística, la prueba de Kruskal-Wallis es un método no paramétrico que se utilizó para probar si un conjunto de datos proviene de la misma población. Intuitivamente, es lo mismo que ANOVA, excepto que los datos han sido reemplazados por categorías. Es una extensión de la prueba U de Mann-Whitney a 3 o más grupos (Massart, 1997).

4.8. Aspectos éticos de la Investigación

Para la realización de esta investigación se están considerando procedimientos adecuados, respetando principios éticos, procedimientos de inicio y finalización de acuerdo a la normativa de la carrera y título de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, Perú.

La información, registros y datos a incorporar al trabajo de investigación serán confiables. Porque, para no cometer errores éticos como el plagio, la falsificación de datos y la no citación de fuentes bibliográficas, se considera fundamentalmente todo, desde la presentación del proyecto hasta el sustento de la tesis.

Por lo tanto, presenté las respectivas pruebas de verificación del contenido de la tesis.

CAPÍTULO V RESULTADOS

5.1. Descripción de resultados

5.1.1. Diseño de mezcla convencional y con poliestireno

A. Características del agregado fino y grueso

Tabla 3

Características del agregado fino

Item	Descripción	Und.	Identificación de muestra	
			1	2
1	Recipiente			
2	Peso (Biker 250 ml.)	g	287.02	135.6
3	Peso + Sal + Biker 250 ml.	g	287.03	135.7
4	Peso Sal (2-3) (D)	g	0.01	0.02
5	Peso de agregado (A)	g	100.0	100.0
6	Aforo de agua total (B)	cm ³	300.0	300.0
7	Volumen de agua utilizado (C)	cm ³	100.0	100.0
8	Sales solubles $1/((CxA)/(DxB)) \times 100$	%	0.030	0.060
9	Promedio sales solubles	%		0.05
Especificación:		Máximo	0.005	OK

Nota. Adaptado de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Tabla 4

Características del agregado grueso

Item	Descripción	Und.	Identificación de muestra	
			1	2
1	Recipiente			
2	Peso (Biker 250 ml.)	g	235.2	245
3	Peso + Sal + Biker 250 ml.	g	235.2	245
4	Peso Sal (2-3) (D)	g	0.01	0.01
5	Peso de agregado (A)	g	100	100
6	Aforo de agua total (B)	cm ³	300	300
7	Volumen de agua utilizado (C)	cm ³	100	100
8	Sales solubles $(1/((CxA)/(DxB))) \times 100$	%	0.024	0.03
9	Promedio sales solubles	%		0.027
Especificación:		Máximo	0.005	OK

Nota. Adaptado de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Interpretación:

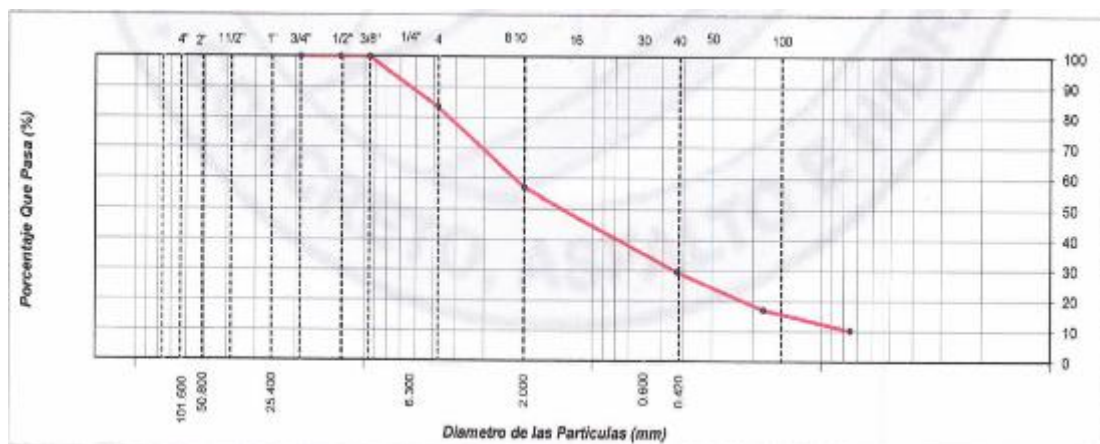
En la **Tabla 3** y **Tabla 4** se presentaron los resultados relacionados con las características del agregado fino y el agregado grueso respectivamente. Respecto a las características de agregado fino realizado el peso biker mayor fue del recipiente uno con 287.03 gramos, En relación al promedio de sales solubles se obtuvo un 0.05% para ambos. Cabe resaltar que cumple de forma exacta con lo señalado en el MTC E-219m el cual indica como porcentaje máximo al 0.5%. Para las características del agregado grueso se obtuvo que el primer recipiente tuvo un peso de 235.2 y el segundo tuvo un peso de 245 gramos, el promedio de sales solubles fue de 0.027%, este último también cumplió con lo mencionado en la norma MTC E – 219.

B. Granulometría del agregado fino y grueso

Para el ensayo granulométrico de los agregados se tomaron 4 muestras, 2 muestras para los agregados finos y dos muestras para los agregados gruesos. Asimismo, se realizó la granulometría de manera combinada la cual se detalla en el Anexo 7. Por otro lado, de la **Figura 1** hasta la **Figura 4** se muestra la curva granulométrica de los agregados, mientras que en la

Figura 1

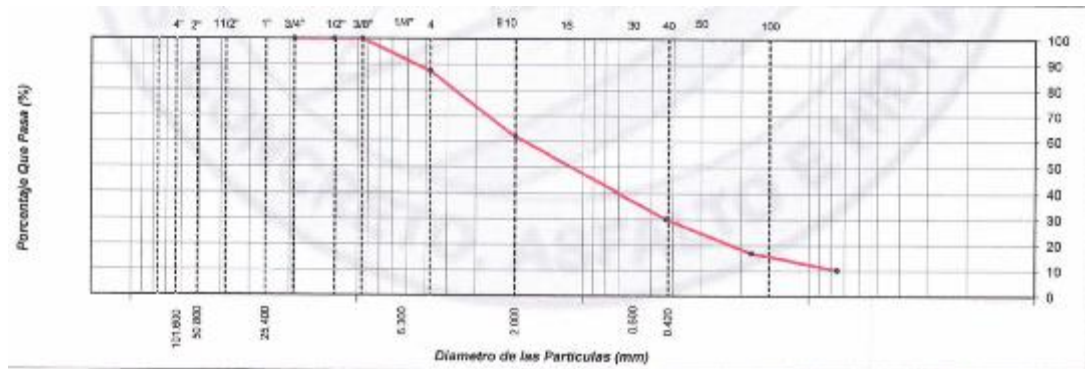
Curva granulométrica del agregado fino-M01



Nota. Tomado de los ensayos de laboratorio.

Figura 2

Curva granulométrica del agregado fino-M02



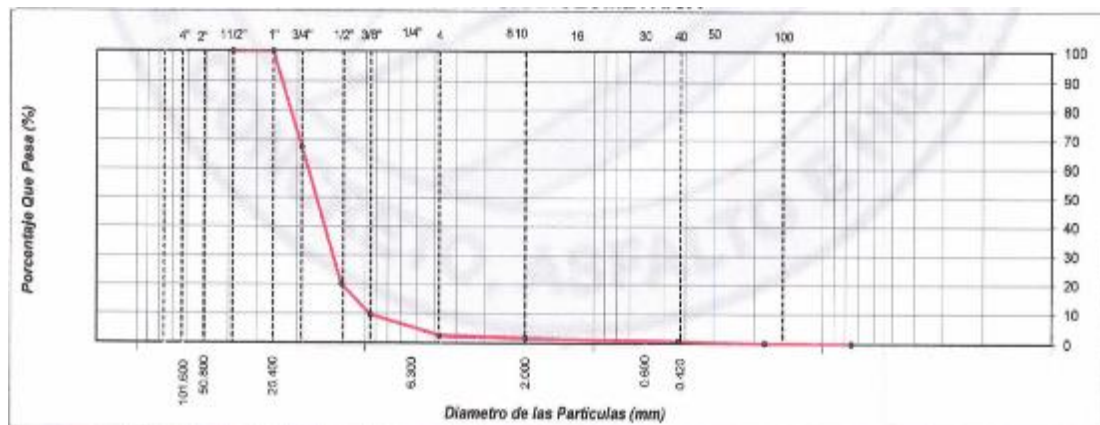
Nota. Tomado de los ensayos de laboratorio.

Interpretación:

En la **Figura 1** y **Figura 2** se presentaron las curvas granulométricas las cuales fueron obtenidos de datos analizados de manera cuantitativa, tanto para el agregado fino-M01 y el agregado fino-M02. Como se evidencia ambas curvas granulométricas presentaron un agregado fino eficiente, ambas comienzan en las 3.8 pulgadas, pasando incluso los 100 milímetros. Esto indica que, hay menos espacios entre las partículas, se genera más uniformidad y se dan mejoras en el fraguado.

Figura 3

Curva granulométrica del agregado grueso-M01



Nota. Tomado de los ensayos de laboratorio.

Figura 4

Curva granulométrica del agregado grueso-M02



Nota. Tomado de los ensayos de laboratorio.

Interpretación:

En la **Figura 3** y **Figura 4** se presentaron los resultados representados en curvas, respecto a la granulometría del agregado grueso, los cuales se dividieron en dos grupos. Como se puede observar en ambos gráficos se presentaron similitudes respecto a los gránulos, ambos siguieron una misma tendencia; entonces, se infiere que ambas presentaron los mismos tamaños de granos para la mezcla.

Tabla 5*Resumen de ensayos de arena chancada*

Muestra	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N°8	N°10	N°16	N°30	N°40	N°50	N°80	N°100	N°200
	25.400	19.050	12.700	9.525	4.760	2.360	2.000	1.190	0.600	0.425	0.300	0.180	0.150	0.740
Arena Chancada-M01	100.0	100.0	100.0	100.0	83.3	60.5	56.9	46.2	34.9	29.5	24.0	17.1	14.9	10.3
Arena Chancada-M02	100.0	100.0	100.0	100.0	87.4	66.6	61.7	49.2	35.8	30.0	24.1	16.9	14.5	10.3
Promedio	100.0	100.0	100.0	100.0	85.4	63.6	59.3	47.7	35.4	29.8	24.1	17.0	14.7	10.3
Máximo	100.0	100.0	100.0	100.0	87.4	66.6	61.7	49.2	35.8	30.0	24.1	17.1	14.9	10.3
Mínimo	100.0	100.0	100.0	100.0	83.3	60.5	56.9	16.2	34.9	29.5	24.0	16.9	14.5	10.3
Desv. Estándar	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	4.3	3.4	2.1	0.6	0.4	0.1	0.1	0.3	0.0
Varianza	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	18.6	11.5	4.5	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0
Coefficiente Variación	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	6.8	5.7	4.4	1.8	1.2	0.3	0.8	1.9	0.0

Nota. Adaptado de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Tabla 6*Resumen de ensayos de la grava 3/4"*

Tipo de Muestra	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N°8	N°10	N°16	N°30	N°40	N°50	N°80	N°100	N°200
	25.400	19.050	12.700	9.525	4.760	2.360	2.000	1.190	0.600	0.425	0.300	0.180	0.150	0.740
Grava 1/2" -01	100.0	67.4	20.0	9.6	2.5	1.7	1.6	1.4	1.1	0.9	0.6	0.2	0.2	0.0
Grava 1/2"-02	100.0	66.1	18.4	8.3	1.2	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2	0.2	0.1
Promedio	100.0	66.8	19.2	9.0	1.9	1.3	1.2	1.1	0.9	0.7	0.5	0.2	0.2	0.1
Máximo	100.0	67.4	20.0	9.6	2.5	1.7	1.6	1.4	1.1	0.9	0.6	0.2	0.2	0.1
Mínimo	100.0	66.1	18.4	8.3	1.2	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2	0.2	0.0
Desv. Estándar	0.0	0.9	1.1	0.9	0.9	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1
Varianza	0.0	0.8	1.3	0.8	0.8	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Coefficiente Variación	0.0	1.4	5.9	10.3	49.7	43.5	47.1	47.1	41.6	40.4	28.3	0.0	0.0	141.4

Nota. Adaptado de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Interpretación:

En la **Tabla 5** y **Tabla 6** se presentaron los resúmenes relacionados con los ensayos realizados para la arena chancada y para la grava ¾”. Respecto a la arena chancada el promedio obtenido fue de 100,0 para los primeros 4 ensayos, de ahí, gradualmente fue disminuyendo hasta llegar a 10.3 para el N° 200. En relación a la desviación estándar, los primeros 4 ensayos tuvieron una desviación estándar de 0.00, es decir, no hubo desviación, la mayor desviación estándar entre todos sus ensayos fue de 4.3 siendo este para el N° 8. Sobre los ensayos de la grava ¾ “Los promedios obtenidos en su investigación fueron los siguientes: el mayor fue de 100.0, mientras el promedio más bajo fue de 0.1. En relación a la desviación estándar, el primer, doceavo y treceavo evidenciaron la ausencia de esta, mientras que la mayor desviación estándar se encontró en el tercer ensayo con 1.1.

5.1.2. Resultados del diseño de mezcla convencional

A. Diseño de la mezcla convencional

Tabla 7

Diseño de la mezcla convencional

Compactación				
Contenido de humedad	2.8	3.8	4.4	5.4
Estabilidad	620	748	922	755
Agua de premezcla (%)	3.00	-	-	-
Agua de compactación (%)	4.30	-	-	-
Porcentaje óptimo				Especific.
% E.A.	9.2	9.7	10.2	-
%A.R.	5.5	5.8	6.1	-
Densidad seca bulk (g/cm ³)	2.933	2.924	2.913	-
Estabilidad seca (kg)	752.2	736.5	737.8	Min. 500
Estabilidad Húmeda (kg)	588.5	572.3	561.4	Min. 500
Cambios de estabilidad (%)	22.2	22.6	23.5	Max. 50

Vacíos totales (%)	4.7	4.5	4.1	2-Ago
Humedad absorbida (%)	0.8	0.5	0.3	Max. 4

Nota. Adaptado de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Tabla 8

Resultados del diseño de mezcla convencional

Materiales	Diseño (%)	P.U.S (kg/m³)	Peso (kg)	m³	pie³
Piedra triturada ¾	20.0	1230.0	311.4	0.253	8.9
Piedra triturada ½	20.0	1402.0	311.4	0.222	7.8
Arena triturada	60.0	1718.0	934.3	0.544	19.2
Filler	0.0	1500.0	0.0	0.000	0.0
% Agua	1000	0.047 m ³	46.7	12.3 gln	1.1 lt
% Emulsión	1000	0.151 m ³	151	39.8 gln	3.5 lt
Residuo de la emulsion	-	-	-	-	-
Óptimo contenido asfáltico	-	-	-	-	-
P.U.S. del agregado	-	-	-	-	-

Nota. Adaptado de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Interpretación:

En la **Tabla 7** y

Tabla 8 se presentaron los resultados relacionados al diseño de la mezcla convencional, sobre la compactación, se obtuvo que el contenido de humedad mínima fue de 2.8, y el más alto fue de 5.4, respecto a la estabilidad 620 fue la más estable y sobre el agua de premezclas estuvo a un 3.00% y el agua de compactación fue de 4.30%. Además, se obtuvo que la densidad seca bulk fue de 2.913 como mínimo y como máximo fue de 2.933.

B. Indicadores del ensayo Marshall de la mezcla convencional

El ensayo Marshall fue realizado en laboratorio en el cual se tuvieron 6 especímenes, 3 para las pruebas en seco y 3 para las pruebas saturadas, todos los resultados a detalle se encuentran en el Anexo 7.

Sin embargo, para la presentación de los resultados, solo se tomó en cuenta los valores en seco; es decir, de 3 especímenes, para los indicadores de densidad bulk, flujo, % de vacíos, estabilidad y humedad.

Tabla 9

Parámetros Marshall de la mezcla convencional

Esp.	Densidad Bulk (G)	Estabilidad (Kg-f)	Flujo (mm)	Humedad (K)	Vacios (%)
1	2.290	937	7.3	5.9	5
2	2.285	970	7.3	6.1	5.2
3	2.252	880	7	5.1	5.4

Nota. Adaptado de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Interpretación:

En la **Tabla 9** se presentaron los resultados relacionados a los parámetros Marshall de la mezcla convencional. La densidad en los tres prototipos fue de rangos similares desde 2.290 a 2.252 G. respecto a la estabilidad de los tres prototipos tuvo unos ligeros alejamientos como es entre 937 y 880, en relación al flujo, este fue casi similar en los tres prototipos, siendo de 7.3 y 7, la humedad fue de 6.1 a 5.1 K, sobre los vacíos estos tres prototipos tuvieron similitudes, hallándose en un rango de 5 a 5.4 K, De modo concluyente se indica que el tercer prototipo tuvo los mejores valores

Tabla 10

Resumen estadístico de los parámetros Marshall de la mezcla convencional

Indicadores	Mezcla convencional			
	Media	D.E.	Mínimo	Máximo
Densidad Bulk (G)	2.28	0.02	2.25	2.29
Estabilidad (Kg-f)	929.00	45.53	880.00	970.00
Flujo (mm)	7.20	0.17	7.00	7.30
Humedad (K)	5.70	0.53	5.10	6.10
Vacios (%)	5.20	0.20	5.00	5.40

Nota. Adaptado de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Interpretación:

En la **Tabla 10** se presentó al resumen estadístico de los parámetros Marshall de la mezcla convencional. Respecto a la densidad bulk, se obtuvo un mínimo de 2.25 y un máximo de 2.29, estos valores cumplen con la normativa; además, su desviación estándar fue de 0.02. En relación a la estabilidad, su mínimo fue de 880.00 kg-f mientras que su máximo fue de 970.00 kg-f, esto a comparación de la normativa, también es cumplida, el cual es de 831.069 kg-f en el mínimo. En relación al flujo, los parámetros Marshall de la mezcla convencional obtuvieron un mínimo de 7.00 y un máx. de 7.30, siendo la media de 7.20. A comparación con la normativa, esto no se cumple ya que la norma señala un rango de 8-14 mm, sobre la humedad, la media obtenida fue de 5.70 K, este sobrepasa al parámetro de la normativa, el cual señala <4%. Respecto al porcentaje de vacíos, en la normativa se brinda un rango de 3% al 5%, en este caso tampoco se cumple porque la media fue de 5.20.

5.1.3. Resultados del diseño de mezcla con poliestireno

A. Diseño de la mezcla modificada

Tabla 11

Características del ensayo Marshall de la mezcla modificada

N° De golpes	75		
% De emulsión asfáltica (% en peso de los agregados)	9.0	9.5	10.0
Asfalto residual (% en peso de los agregados)	5.4	5.7	6.0
Densidad seca bulk (g/cm ³)	2.196	2.181	2.165
Estabilidad modificada seca (kg), (22.2 °C)	1044.3	1010.0	994.1
Estabilidad modificada húmeda (kg), (22.2 °C)	644.1	618.4	624.3
Cambios de estabilidad (%)	37.6	38.2	37.6
Vacíos totales (%)	4.1	4.3	4.4
Humedad absorbida (%)	0.8	0.6	0.4
Recubrimiento (%)	-	95.0	-

Nota. Adaptado de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Interpretación:

En la **Tabla 11**, se presentaron las características del ensayo Marshall en la mezcla modificada. Se realizó un total de 75 golpes el recubrimiento tuvo un porcentaje del 95% se absorbió una humedad de 0.8 hasta 0.4% entre los ácidos totales se obtuvo un 4.1%, 4.3% y 4.4%. respecto a la estabilidad modificada humedad 644.1 kg y 624.3 kg. Respecto a la densidad seca bulk el mayor número fue obtenida por la primera muestra de 2.196 gramos por centímetro cúbico. Estos resultados señalaron que el tercer prototipo es el más adecuado para la aplicación.

B. Indicadores del ensayo Marshall de la mezcla modificada

Tabla 12

Parámetros Marshall de la mezcla modificada

% modif.	E	Densidad Bulk (G)	Estabilidad (Kg-f)	Flujo (mm)	Humedad (K)	Vacios (%)
0.01%	1	2.223	1490	6	1.3	4
	2	2.231	1439	9.2	1.4	3.9
	3	2.228	1484	9.4	1.4	3.9
0.02%	1	2.175	1309	11.9	1.1	4.9
	2	2.204	1307	10.3	1.5	4.5
	3	2.205	1330	11.6	1.4	4.4
0.03%	1	2.183	1182	12	1.5	4.9
	2	2.183	1139	11.8	1.7	5
	3	2.183	1161	11.1	1.3	4.8
0.04%	1	2.176	1158	10.4	1.4	5
	2	2.172	1258	10	1.6	5.2
	3	2.164	1289	9.9	1.2	5.2

Nota. Adaptado de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Interpretación:

En la **Tabla 12** se presentaron los resultados en relación a los parámetros de Marshall de la mezcla modificada. Al aplicarse 0.01% se obtuvo que el tercer espécimen tuvo un nivel más alto con 2.228 g.

Respecto a la estabilidad se obtuvo que el primer espécimen obtuvo una cantidad alta con 1490 kg-F respecto al flujo el tercer espécimen evidenció un puntaje alto con 9.4 mm es relaciona la humedad se obtuvo cantidades iguales de 1.4 k entre el segundo y tercer especímenes relaciona los vacíos el segundo y el tercer espécimen presentaron mismas cantidades de respecto al agregado de 0.02% ,se obtuvo que en tercer espécimen tuvo un puntaje alto en la densidad con 2.205 g, la estabilidad fue obtenida por el tercer espécimen con 1330 respecto al flujo el segundo espécimen tuvo un puntaje de 11.6 mm, respecto al humedad se obtuvo que el segundo espécimen tuvo una mejor humedad con 1.5 k y respecto al porcentaje de vacíos se obtuvo que el primer evidenció una mayor cantidad con 4.9%., en relación al agregado de 0.03% se obtuvo en la densidad que en los tres especímenes evidenciaron la misma cantidad de 2.183 g, respecto a la estabilidad el espécimen primero obtuvo una cantidad de 1182 kg, respecto al flujo se obtuvo que el primer espécimen logró 12 mm, respecto a la humedad se obtuvo que el segundo espécimen presentó 1.7 k. Respecto al porcentaje de vacíos la mayor cantidad de vacío se encontró en el segundo específico 5%. Al modificar con 0.04% a la mezcla obtuvo qué es su densidad mayor fue obtenida por el primer espécimen con 2.176, respecto a la estabilidad se encontró que el tercer espécimen tuvo una cantidad de 1289 kg-F, respecto al flujo el primer espécimen logró un 10.4 de milímetros indicando que su flujo es alto a diferencia de los demás respecto a la humedad el segundo espécimen logró 1.6 k, respecto a los vacíos se obtuvo que la mayor cantidad de vacío la presentó el segundo y el tercer espécimen con 5.2.]

Tabla 13

Resumen estadístico de los parámetros Marshall de la mezcla modificada

%	Estad.	Densidad Bulk (G)	Estabilidad (Kg-f)	Flujo (mm)	Humedad (K)	Vacios (%)
0.01%	Media	2.23	1471.00	8.20	1.37	3.93

	D.E.	0.00	27.87	1.91	0.06	0.06
	Mínimo	2.22	1439.00	6.00	1.30	3.90
	Máximo	2.23	1490.00	9.40	1.40	4.00
	Media	2.19	1315.33	11.27	1.33	4.60
0.02%	D.E.	0.02	12.74	0.85	0.21	0.26
	Mínimo	2.18	1307.00	10.30	1.10	4.40
	Máximo	2.21	1330.00	11.90	1.50	4.90
	Media	2.18	1160.67	11.63	1.50	4.90
0.03%	D.E.	0.00	21.50	0.47	0.20	0.10
	Mínimo	2.18	1139.00	11.10	1.30	4.80
	Máximo	2.18	1182.00	12.00	1.70	5.00
	Media	2.17	1235.00	10.10	1.40	5.13
0.04%	D.E.	0.01	68.46	0.26	0.20	0.12
	Mínimo	2.16	1158.00	9.90	1.20	5.00
	Máximo	2.18	1289.00	10.40	1.60	5.20

Nota. Adaptado de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Interpretación:

En la **Tabla 13** se presentaron los datos relacionados con los parámetros Marshall de la mezcla modificada. En este caso, al agregarse un 0.01%, en la densidad se tuvo una densidad de 2.23, siendo este valor aceptado por la normativa, en relación a la estabilidad, la media fue de 1471.00 kg-f, respecto a la normativa, este valor no fue aceptado. En el flujo, la media fue de 8.20, siendo este aceptado por el rango de 8-14 milímetros, en relación a la humedad, la media fue de 1.37 K, siendo aceptado por la normativa en el rango menor al 4%, respecto a los vacíos, se tuvo una media de 3.93, de acuerdo a la normativa, este se encuentra en el rango de 3% - 5%. Al agregar un 0.02%, la densidad presentó una media de 2.19, siendo aprobado por la normativa, la estabilidad media fue de 1315.33 kg-f, basándose en la normativa este resultado no fue aprobado por la normativa el cual menciona un mínimo de 831,069 kg-F. Relación al flujo se obtuvo una media de 11.27 que según señala la normativa se encuentra dentro del rango necesario que

va de 8 a 14 mm. Respecto a la humedad, se encontró una media de 1.33 ingresando a lo que señala la normativa el cual indica que debe ser menor al 4% respecto al porcentaje de vacíos se obtuvo una media de 4.60 siendo aceptado por la normativa quién mencionó que lo el porcentaje de vacíos debe estar en un rango de 3% a 5%. Al añadir 0.03% de variaciones a la mezcla modificada se obtuvo una densidad media de 2.18 el cual fue aprobada por la normativa; además, en la estabilidad se obtuvo una media de 1160.67 el cual de acuerdo a la normativa cumple con lo establecido en relación al flujo se obtuvo una media de 11.63 el cual evidenció estar dentro de lo que la norma normativa solicita con 8 a 14 mm como máximo respecto a la humedad se encontró que al agregarse 0.03% la media fue de 1.50 el cual está dentro de los parámetros mencionados por la normativa y en relación al porcentaje de vacíos se obtuvo una media de 4.90 el cual se encuentra ligeramente dentro de la normativa señalada que indica un rango de 3% a 5% para porcentaje de vacíos. Respecto al agregado de 0.04% para la densidad se obtuvo una media de 2.17 el cual cumplió con lo que la normativa establece respecto a la estabilidad se obtuvo una media de 1235.00 el cual cumple con la normativa empleada también se analizó al flujo obteniéndose una media de 10.10 mm esta media se colocó adecuadamente a la normativa ya que acá indica que debe ser menor al 4% y respecto al porcentaje de vacíos y obtuvo un promedio de 5.13% el cual supera los rangos permitidos por la normativa que va del 3% al 5%.

5.1.4. Resultados comparativos

En esta sección se detallan las medias de los parámetros Marshall, comparando entre la mezcla convencional y la mezcla modificada con 0.01%, 0.02%, 0.03% y 0.04% de poliestireno. De acuerdo con el Manual de Carreteras (2013), la mezcla de asfalto en frío óptima debe tener:

1. Para vacíos el rango está entre 3% - 5%
2. La humedad debe ser menor a <4%
3. El flujo fue 8 – 14 milímetros
4. La estabilidad fue de Min 831,069 kg-f

Tabla 14

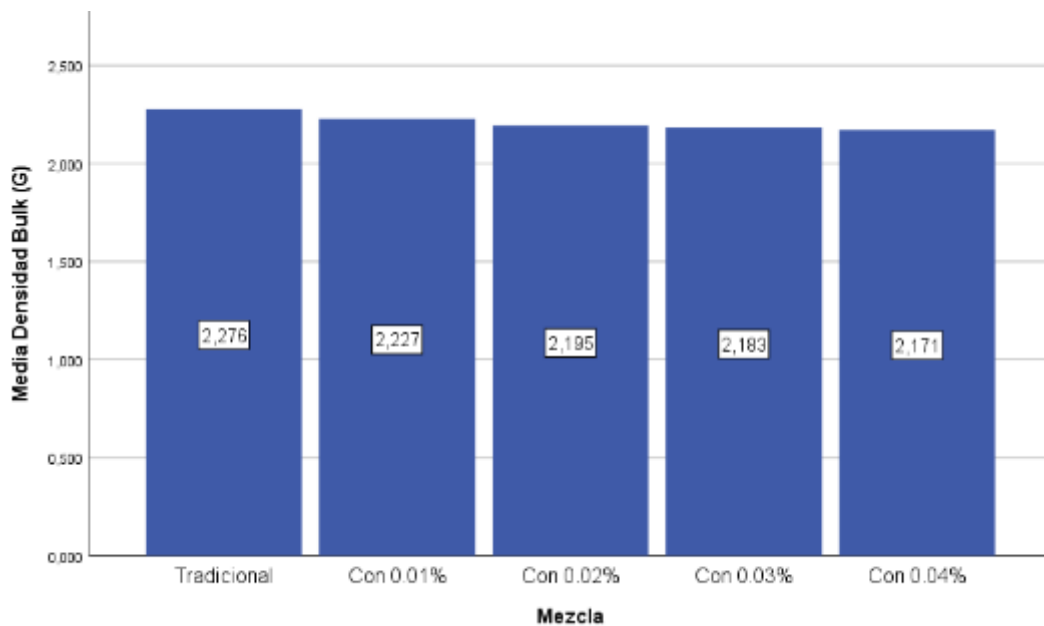
Resumen estadístico de los parámetros Marshall de la mezcla convencional

Indicadores	Tradicional	0.01%	0.02%	0.03%	0.04%
	Media	Media	Media	Media	Media
Densidad Bulk (G)	2.28	2.23	2.19	2.18	2.17
Estabilidad (Kg-f)	929.00	1471.00	1315.33	1160.67	1235.00
Flujo (mm)	7.20	8.20	11.27	11.63	10.10
Humedad (K)	5.70	1.37	1.33	1.50	1.40
Vacios (%)	5.20	3.93	4.60	4.90	5.13

Nota. Valores hallados con los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Figura 5

Media de la densidad de la mezcla tradicional y modificada



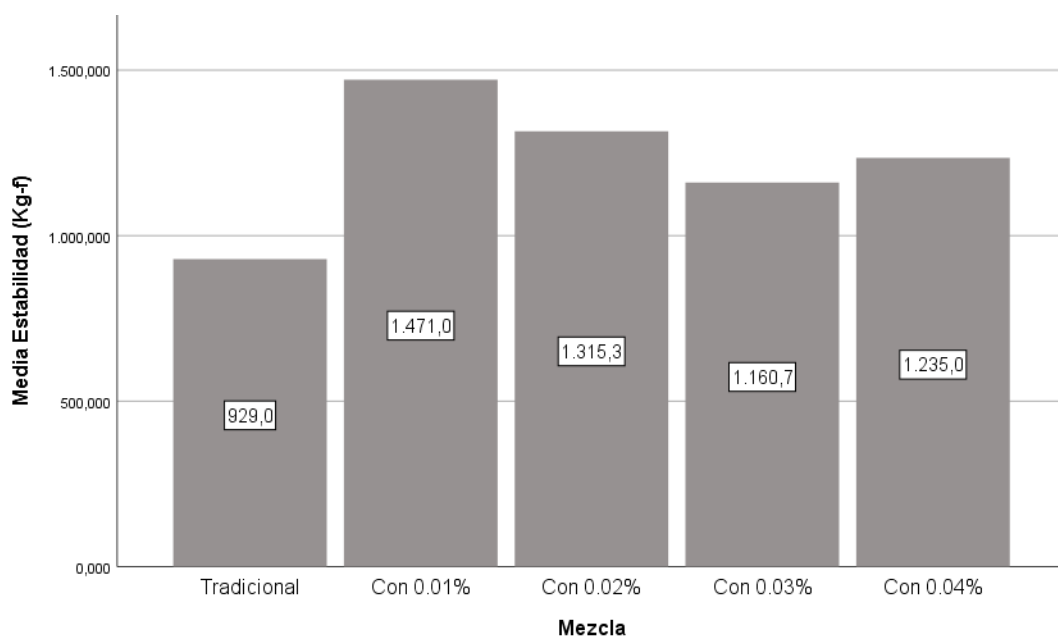
Nota. Realizado con los ensayos de laboratorio.

Interpretación:

En la **Tabla 14** y **Figura 5** se presentaron los resultados en relación a la densidad de las muestras. Una muestra fue convencional y las cuatro muestras siguientes se trabajaron con diferentes cantidades de agregado. Respecto a la muestra tradicional esta mezcla tuvo una densidad de 2.276. todas las muestras con agregado de poliestireno se obtuvieron que al agregarse un 0.01% la densidad fue de 2.227, al agregarse 0.02% de poliestireno la densidad fue de 2.195, con un 0.03% la densidad resultado de 2.183. Finalmente, al agregarse 0.04% de poliestireno la densidad resultado de 2.171. Se evidencia que al agregar un mayor porcentaje de poliestireno de forma gradual la densidad de la mezcla fue reduciéndose, pero esto no indica que la mezcla con poliestireno sea negativa, al contrario, se encontró que una mezcla con una densidad menor es adecuada al momento de ser aplicado a las vías, cómo se sabe la densidad es la relación de la masa con las partículas sólidas del volumen total por ende una densidad equilibrada no siendo tan baja ni tan alta es beneficiosa para su aplicación.

Figura 6

Media de la estabilidad de la mezcla tradicional y modificada



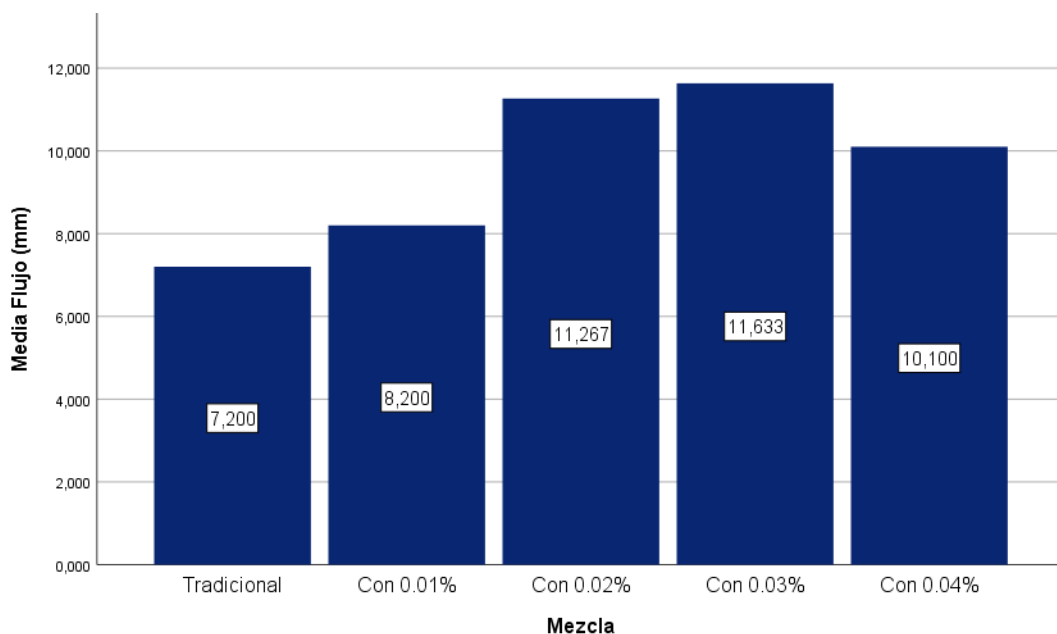
Nota. Realizado con los ensayos de laboratorio.

Interpretación:

En la **Figura 6** se presentaron los resultados relacionados a la estabilidad tanto para la mezcla tradicional con las mezclas con agregados de diferentes porcentajes. Obteniéndose que la mezcla tradicional tuvo una estabilidad de 929.0, mientras que al agregarse un 0.01% de poliestireno se obtuvo 1471.0 de estabilidad, 02 porciento de poliestireno se tuvo 1315.3 de estabilidad, respecto al 0.03% de agregado de poliestireno se tuvo 1160. 7 y al agregarse 0.04% de poliestireno se obtuvo 1235 de estabilidad. Con ello se quiere indicar que existieron variaciones y a diferencia entre la mezcla convencional con los agregados es muy notoria por la diferencia de estabilidad que se obtuvo siendo así qué el agregado de 0.01% brinda mayor estabilidad a diferencia de las demás mezclas.

Figura 7

Media del flujo de la mezcla tradicional y modificada



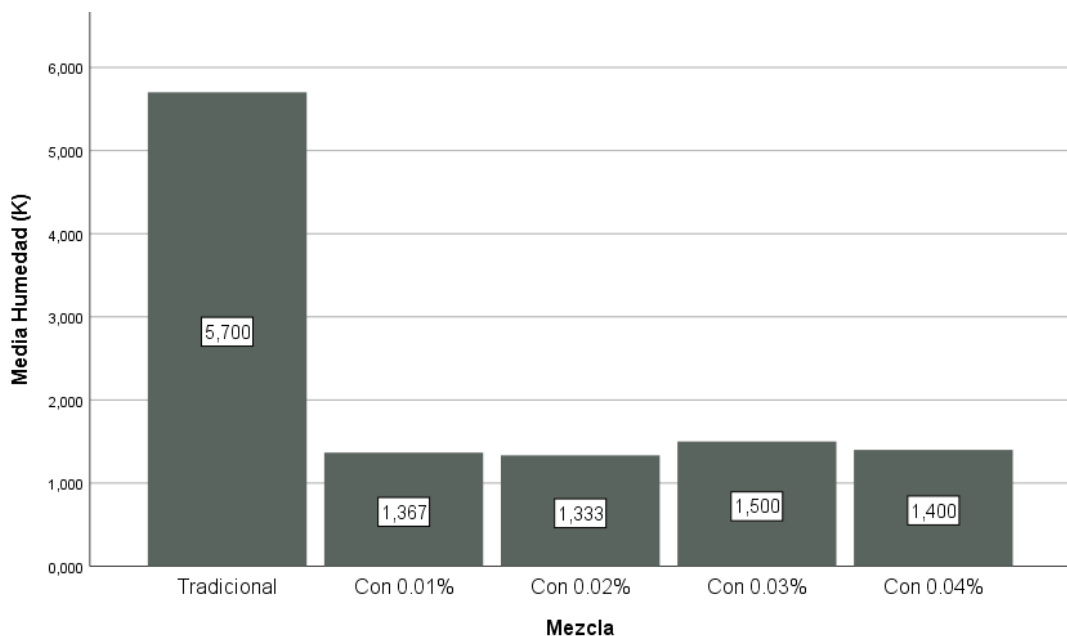
Nota. Realizado con los ensayos de laboratorio.

Interpretación

En la **Figura 7** se presentaron los resultados relacionados con el flujo el cual se midió en milímetros, esto se midió en las muestras donde solo una no tuvo al poliestireno en su mezcla. Entonces o respecto a la muestra con mezcla tradicional tuvo 7.200 milímetros de flujo, al agregarse 0.01% de poliestireno a la mezcla se obtuvo 8.200 mm de flujo, respecto al agregado de 0.02% de poliestireno a la mezcla se obtuvo 11.277 mm de flujo, cuándo se agregó 0.03 por ciento de poliestireno a la mezcla se obtuvo 11.633 mm de flujo y y finalmente al agregarse 0.04% de poliestireno se obtuvo 10.100 mm de flujo. El agregado de 0.03% de poliestireno obtuvo un mayor nivel de flujo en la mezcla. Cuando se menciona al flujo se refiere estado de fluidez que tienen los asfaltos al momento de aplicación es decir a mayor nivel de flujo es mejor aplicado ya que su manejo es más fácil.

Figura 8

Media de la humedad de la mezcla tradicional y modificada



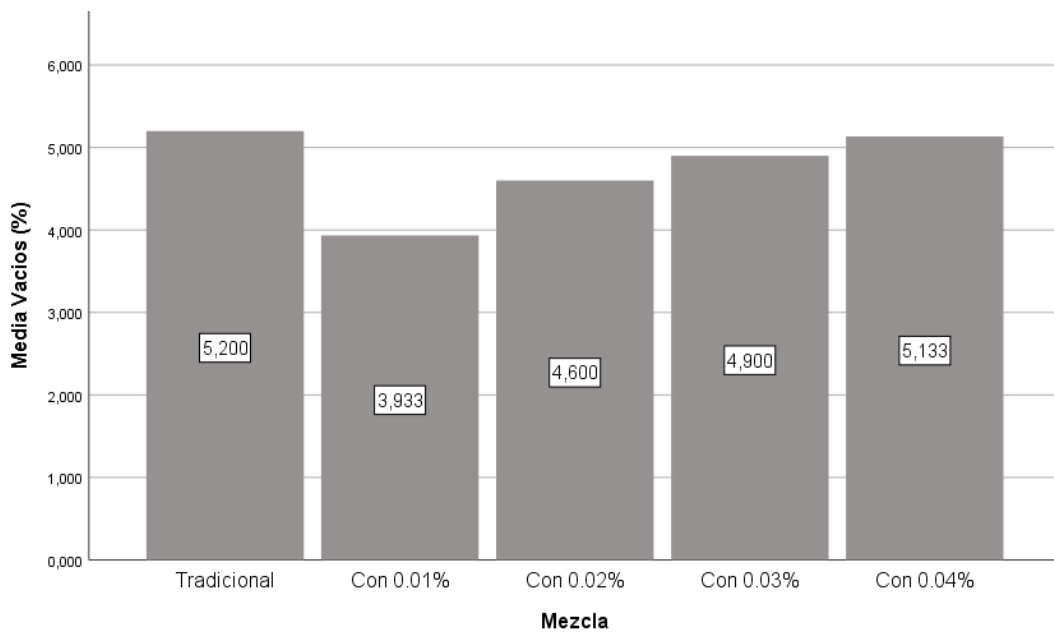
Nota. Realizado con los ensayos de laboratorio.

Interpretación:

En la **Figura 8** se presentaron los resultados relacionados con la humedad, esto se evidenció en una mezcla tradicional y en otras mezclas con diferentes porcentajes de agregado de poliestireno. En la mezcla tradicional se obtuvo 5.700 k de humedad. Para la mezcla con agregado de 0.01% de poliestireno se obtuvo 1.367 k de humedad. Respecto al agregado de 0.02% se obtuvo 1.333 K de humedad, al agregarse 0.03% de poliestireno a la mezcla se obtuvo 1.500 K de humedad y finalmente al agregarse 0.04% de poliestireno a la mezcla se obtuvo 1.400 k de humedad. Se puede evidenciar que agregar los diferentes porcentajes de poliestireno a la mezcla se redujo en gran medida la humedad que presentaba la mezcla, en los porcentajes agregados se obtuvieron resultados similares, cómo se sabe la humedad de la mezcla es importante en un cierto porcentaje ya que ayuda a un mejor control de la mezcla y vida útil por ende obtener esas cantidades bajas en las mezclas con agregados de poliestireno es adecuado.

Figura 9

Media de los vacíos de la mezcla tradicional y modificada



Nota. Realizado con los ensayos de laboratorio.

Interpretación:

En la **Figura 9** se obtuvieron los resultados del porcentaje de vacío hallado tanto en la mezcla tradicional como en la mezcla con agregados en diferentes porcentajes. En relación a la mezcla tradicional se obtuvo un 5.200 % de vacíos, al agregarse un 0.01% de poliestireno a la mezcla se obtuvo 3.933 % de pasivos en toda la mezcla, al agregarse 0.02% de poliestireno a la mezcla se obtuvo 4.600 % de vacíos, cuando se agregó 0.03% de poliestireno se obtuvo 4.900 % de vacío en la mezcla y finalmente al haber agregado 0.04% de poliestireno de la mezcla se obtuvo 5.133 % de vacíos. Por ende, al agregarse determinados porcentajes de poliestireno a la mezcla redujo los vacíos que presenta está siendo positivo para la aplicación final de la mezcla asfáltica y ya que al reducir los vacíos que presentan la mezcla se mejora la durabilidad y vida útil del pavimento ya que hay una mejor conexión entre toda la mezcla y en toda la extensión donde va a ser aplicada.

5.2. Contrastación de hipótesis

Para la prueba de hipótesis se evaluó el análisis de varianza (ANOVA), este análisis permite identificar las diferencias de más de dos muestras, como es el caso de estudio. Asimismo, se realizaron pruebas de comparación Post-Hoc, para evidenciar las diferencias entre pares de los 5 tipos de diseño, el diseño convencional y los que contienen poliestireno añadido. Por otro lado, para que la prueba de hipótesis se rigurosa se establecieron los siguientes pasos: mencionar la hipótesis a probar, establecer las hipótesis estadísticas, establecer la significancia (0.05); hallar la prueba ANOVA, realizar el análisis, indicar la conclusión de la prueba ANOVA, realizar las pruebas de diferencia en pares (mediante la prueba de Tukey), realizar el análisis de la prueba Post Hoc, llegar a la conclusión general.

5.2.1. Prueba de la primera hipótesis específica

i. Hipótesis a probar: La densidad de la mezcla asfálticas en frío se modificará significativamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

ii. Contexto para el Análisis de Varianza (ANOVA):

Se planeó comparar los resultados de 5 diseños de mezclas distintas, el diseño tradicional (mezcla patrón), el diseño con 0.01% de poliestireno, la mezcla con 0.02%; 0.03% y 0.04%. En primer lugar, se realizó la prueba de diferencias entre los 5 diseños, esto para establecer si al menos uno de los 5 diseños es distinto que el resto. Seguidamente, con las pruebas de pares Post Hoc, se comparó entre pares, ello con el fin de determinar la significancia de la diferencia de medias entre cada uno de los diseños de mezcla.

iii. Hipótesis estadísticas:

- H1: No existen diferencias significativas, con respecto a la densidad bulk, entre la mezcla asfáltica patrón y las mezclas asfálticas con poliestireno al 0.01%; 0.02%; 0.03% y 0.04%.
- H0: Existen diferencias significativas, con respecto a la densidad bulk, entre la mezcla asfáltica patrón y las mezclas asfálticas con poliestireno al 0.01%; 0.02%; 0.03% y 0.04%.

iv. Alfa de riesgo: $\alpha = 0.05$

v. Prueba ANOVA:

Tabla 15*Prueba ANOVA para densidad bulk*

ANOVA	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.021	4	0.005	34.677	0.000
Dentro de grupos	0.002	10	0.000		
Total	0.023	14			

Nota. Datos procesados con los valores obtenido de los ensayos de laboratorio.

vi. Regla de decisión estadística:

Si la significancia hallada con la prueba estadística es menor al alfa de riesgo (0.05), indica que existen diferencias significativas entre las observaciones evaluadas.

vii. Análisis del ANOVA:

Lo mostrado en la **Tabla 15** indica que la significancia, hallada con el ANOVA, fue de 0.00; con este resultado se rechaza la H_0 ; es decir, las diferencias, de la densidad bulk, son significativas entre la mezcla asfáltica patrón y las mezclas asfálticas con poliestireno al 0.01%; 0.02%; 0.03% y 0.04%.

viii. Conclusión de la prueba ANOVA:

El resultado sostiene que, de los 5 diseños de mezcla, al menos uno de ellos es diferente a nivel estadístico. Por tanto, existen diferencia entre la mezcla patrón y las mezclas con adición de poliestireno, con respecto a la densidad bulk.

Para evaluar y determinar cuál de los diseños de mezcla son diferentes significativamente entre sí, se realizaron las pruebas Post Hoc.

ix. Prueba Post Hoc de Tukey:

- Comparaciones múltiples de Tukey:

Tabla 16

Comparaciones múltiples para densidad bulk

I	J	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Mezcla tradicional	con 0.01%	0.0483**	0.010	0.005	0.015	0.082
	con 0.02%	0.081**	0.010	0.000	0.048	0.114
	con 0.03%	0.0926**	0.010	0.000	0.059	0.126
	con 0.04%	0.105**	0.010	0.000	0.072	0.138
Mezcla con 0.01%	tradicional	-0.0483*	0.010	0.005	-0.082	-0.015
	con 0.02%	0.0326***	0.010	0.056	-0.001	0.066
	con 0.03%	0.044**	0.010	0.009	0.011	0.078
	con 0.04%	0.056**	0.010	0.002	0.023	0.090
Mezcla con 0.02%	tradicional	-0.081**	0.010	0.000	-0.114	-0.048
	con 0.01%	-0.0326***	0.010	0.056	-0.066	0.001
	con 0.03%	0.0116	0.010	0.777	-0.022	0.045
	con 0.04%	0.0239	0.010	0.201	-0.009	0.057
Mezcla con 0.03%	tradicional	-0.092**	0.010	0.000	-0.126	-0.059
	con 0.01%	-0.044**	0.010	0.009	-0.078	-0.011
	con 0.02%	-0.0116	0.010	0.777	-0.045	0.022
	con 0.04%	0.0123	0.010	0.743	-0.021	0.046
Mezcla con 0.04%	tradicional	-0.105**	0.010	0.000	-0.138	-0.072
	con 0.01%	-0.056**	0.010	0.002	-0.090	-0.023
	con 0.02%	-0.0239	0.010	0.201	-0.057	0.009
	con 0.03%	-0.0123	0.010	0.743	-0.046	0.021

Nota. **significativo al 1%. ***significativo al 10%. *significativo al 5%. Datos procesados con los valores obtenido de los ensayos de laboratorio.

- Subconjuntos de la prueba de Tukey:

Tabla 17

Subconjuntos para densidad bulk

Tipo de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Mezcla con 0.04%	3	2.171		
Mezcla con 0.03%	3	2.183		
Mezcla con 0.02%	3	2.195	2.195	
Mezcla con 0.01%	3		2.227	
Mezcla tradicional	3			2.276
Sig.		0.201	0.056	1.000

Nota. Datos procesados con los valores obtenido de los ensayos de laboratorio.

- x. Análisis de la prueba de Tukey:

De la **Tabla 16** de comparaciones múltiples, se identificó que existen diferencias significativas al 5%, entre la mezcla tradicional y las mezclas con poliestireno. Asimismo, la mezcla con 0.01% fue distinta que las otras mezclas; sin embargo, no se observó diferencias significativas entre la mezcla con 0.02% versus las mezclas con 0.03% y 0.04%. Esto mismo se confirma en la **Tabla 17**, que muestra que la densidad bulk de la mezcla con 0.04%, 0.03% y 0.02% pertenecen a un mismo subconjunto; mientras que la densidad de la mezcla con 0.01% pertenece a un mismo subconjunto que la mezcla con 0.02%; además, la mezcla tradicional se encuentra en un subconjunto único.

- xi. Conclusión general:

Se encontró que la densidad bulk de la mezcla tradicional fue mayor que las mezclas con adición de poliestireno; asimismo, la densidad en la mezcla con 0.01% fue ligeramente mayor que lo encontrado en la densidad con 0.02%, 0.03%, 0.04% (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Asimismo, se

encontró que existen diferencias significativas entre la mezcla tradicional y las mezclas con poliestireno. Por lo tanto, la densidad bulk si se modificó significativamente con la adición de poliestireno expandido.

5.2.2. Prueba de la segunda hipótesis específica

i. Hipótesis a probar:

La estabilidad de la mezcla asfálticas en frío se diferirá significativamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

ii. Hipótesis estadísticas:

- H1: No existen diferencias significativas, con respecto a la estabilidad, entre la mezcla asfáltica patrón y las mezclas asfálticas con poliestireno al 0.01%; 0.02%; 0.03% y 0.04%.
- H0: Existen diferencias significativas, con respecto a la estabilidad, entre la mezcla asfáltica patrón y las mezclas asfálticas con poliestireno al 0.01%; 0.02%; 0.03% y 0.04%.

iii. Alfa de riesgo: $\alpha = 0.05$

iv. Prueba ANOVA:

Tabla 18

Prueba ANOVA para estabilidad

ANOVA	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	481475.067	4	120368.767	73.740	0.000
Dentro de grupos	16323.333	10	1632.333		
Total	497798.400	14			

Nota. Datos procesados con los valores obtenido de los ensayos de laboratorio.

v. Regla de decisión estadística:

Si la significancia hallada con la prueba estadística es menor al alfa de riesgo (0.05), indica que existen diferencias significativas entre las observaciones evaluadas.

vi. Análisis del ANOVA:

En la **Tabla 18** se muestra la significancia hallada con el ANOVA, la cual fue de 0.00; con este resultado se rechaza la H0; es decir, las diferencias, de la estabilidad, son significativas entre la mezcla asfáltica patrón y las mezclas asfálticas con poliestireno al 0.01%; 0.02%; 0.03% y 0.04%.

vii. Conclusión de la prueba ANOVA:

El resultado sostiene que, de los 5 diseños de mezcla, al menos uno de ellos es diferente a nivel estadístico. Por tanto, existen diferencias entre la mezcla patrón y las mezclas con adición de poliestireno, con respecto a la estabilidad.

viii. Prueba Post Hoc de Tukey:

- Comparaciones múltiples de Tukey:

Tabla 19

Comparaciones múltiples para estabilidad

I	J	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Mezcla tradicional	con 0.01%	-5420.0**	0.000	-650.567	-433.433
	con 0.02%	-3860.33**	0.000	-494.900	-277.766
	con 0.03%	-2310.6**	0.000	-340.234	-123.100
	con 0.04%	-3060.0**	0.000	-414.567	-197.433
Mezcla con 0.01%	tradicional	5420.0**	0.000	433.433	650.567
	con 0.02%	1550.6**	0.006	47.100	264.234
	con 0.03%	3100.3**	0.000	201.766	418.900

	con 0.04%	2360.0**	0.000	127.433	344.567
	tradicional	3860.3**	0.000	277.766	494.900
Mezcla con 0.02%	con 0.01%	-1550.6**	0.006	-264.234	-47.100
	con 0.03%	1540.6**	0.006	46.100	263.234
	con 0.04%	80.3	0.183	-28.234	188.900
	tradicional	2310.6**	0.000	123.100	340.234
Mezcla con 0.03%	con 0.01%	-3100.3**	0.000	-418.900	-201.766
	con 0.02%	-1540.6**	0.006	-263.234	-46.100
	con 0.04%	-74.3	0.236	-182.900	34.234
	tradicional	3060.0**	0.000	197.433	414.567
Mezcla con 0.04%	con 0.01%	-2360.0**	0.000	-344.567	-127.433
	con 0.02%	-80.3	0.183	-188.900	28.234
	con 0.03%	74.3	0.236	-34.234	182.900

Nota. **significativo al 1%. ***significativo al 10%. **significativo al 5%. Datos procesados con los valores obtenido de los ensayos de laboratorio.

- Subconjuntos de la prueba de Tukey:

Tabla 20

Subconjuntos para estabilidad

Tipo de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Mezcla tradicional	3	929.000			
Mezcla con 0.03%	3		1160.667		
Mezcla con 0.04%	3		1235.000	1235.000	
Mezcla con 0.02%	3			1315.333	
Mezcla con 0.01%	3				1471.000
Sig.		1.000	0.236	0.183	1.000

Nota. Datos procesados con los valores obtenido de los ensayos de laboratorio.

- ix. Análisis de la prueba de Tukey:

En la **Tabla 19** se muestra que los valores de estabilidad para la mezcla tradicional fue distinto significativamente comparados con las mezclas modificadas. Asimismo, la estabilidad en la mezcla con 0.01% fue distinto que el resto de mezclas. No obstante, no se evidenció diferencias entre la mezcla con 0.04% y 0.02%; y la

mezcla con 0.04% y 0.03%. Este resultado se confirma en la **Tabla 20**, al evidenciar que la estabilidad de la mezcla tradicional y la mezcla con 0.01% se posicionan en subconjuntos diferentes.

x. Conclusión general:

Se encontró que existen diferencias significativas entre la mezcla tradicional y las mezclas modificadas con poliestireno; por lo tanto, la estabilidad de la mezcla asfálticas en frío difirió significativamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

5.2.3. Prueba de la tercera hipótesis específica

i. Hipótesis a probar:

El porcentaje de vacíos de la mezcla asfálticas en frío varía considerablemente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

ii. Hipótesis estadísticas:

- H1: No existen diferencias significativas, con respecto al porcentaje de vacíos, entre la mezcla asfáltica patrón y las mezclas asfálticas con poliestireno al 0.01%; 0.02%; 0.03% y 0.04%.
- H0: Existen diferencias significativas, con respecto al porcentaje de vacíos, entre la mezcla asfáltica patrón y las mezclas asfálticas con poliestireno al 0.01%; 0.02%; 0.03% y 0.04%.

iii. Alfa de riesgo: $\alpha = 0.05$

iv. Prueba ANOVA:

Tabla 21

Prueba ANOVA para % de vacíos

ANOVA	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3.184	4	0.796	29.122	0.000
Dentro de grupos	0.273	10	0.027		
Total	3.457	14			

Nota. Datos procesados con los valores obtenido de los ensayos de laboratorio.

v. Regla de decisión estadística:

Si la significancia hallada con la prueba estadística es menor al alfa de riesgo (0.05), indica que existen diferencias significativas entre las observaciones evaluadas.

vi. Análisis del ANOVA:

La **Tabla 21** muestra los resultados del ANOVA, se evidenció que la significancia calculada fue de 0.00; con este resultado se rechaza la H₀; es decir, las diferencias, para % de vacíos, son significativas entre la mezcla asfáltica patrón y las mezclas asfálticas con poliestireno al 0.01%; 0.02%; 0.03% y 0.04%.

vii. Conclusión de la prueba ANOVA:

El resultado sostiene que, de los 5 diseños de mezcla, al menos uno de ellos es diferente a nivel estadístico. Por tanto, existen variaciones notables entre la mezcla patrón y las mezclas con adición de poliestireno, con respecto al porcentaje de vacíos.

viii. Prueba Post Hoc de Tukey:

- Comparaciones múltiples de Tukey:

Tabla 22

Comparaciones múltiples para % de vacíos

I	J	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Mezcla tradicional	con 0.01%	10.267**	0.1350	0.0000	0.8224	1.7109
	con 0.02%	0.60**	0.1350	0.0085	0.1557	1.0443
	con 0.03%	0.301	0.1350	0.2468	-0.1443	0.7443
	con 0.04%	0.067	0.1350	0.9862	-0.3776	0.5109
Mezcla con 0.01%	tradicional	-10.267**	0.1350	0.0000	-1.7109	-0.8224
	con 0.02%	-0.667**	0.1350	0.0041	-1.1109	-0.2224
	con 0.03%	-0.967**	0.1350	0.0002	-1.4109	-0.5224
	con 0.04%	-10.20**	0.1350	0.0000	-1.6443	-0.7557
Mezcla con 0.02%	tradicional	-0.60**	0.1350	0.0085	-1.0443	-0.1557
	con 0.01%	0.67**	0.1350	0.0041	0.2224	1.1109
	con 0.03%	-0.299	0.1350	0.2468	-0.7443	0.1443
	con 0.04%	-0.53*	0.1350	0.0180	-0.9776	-0.0891
Mezcla con 0.03%	tradicional	-0.301	0.1350	0.2468	-0.7443	0.1443
	con 0.01%	0.967**	0.1350	0.0002	0.5224	1.4109
	con 0.02%	0.299	0.1350	0.2468	-0.1443	0.7443
	con 0.04%	-0.233	0.1350	0.4601	-0.6776	0.2109
Mezcla con 0.04%	tradicional	-0.067	0.1350	0.9862	-0.5109	0.3776
	con 0.01%	10.20**	0.1350	0.0000	0.7557	1.6443
	con 0.02%	0.533*	0.1350	0.0180	0.0891	0.9776
	con 0.03%	0.233	0.1350	0.4601	-0.2109	0.6776

Nota. **significativo al 1%. ***significativo al 10%. *significativo al 5%. Datos procesados con los valores obtenido de los ensayos de laboratorio.

- Subconjuntos de la prueba de Tukey:

Tabla 23

Subconjuntos para % de vacíos

Tipo de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Mezcla con 0.01%	3	3.933		

Mezcla con 0.02%	3	4.600	
Mezcla con 0.03%	3	4.900	4.900
Mezcla con 0.04%	3		5.133
Mezcla tradicional	3		5.200
Sig.		1.000	0.247

Nota. Datos procesados con los valores obtenidos de los ensayos de laboratorio.

ix. Análisis de la prueba de Tukey:

De la **Tabla 22** de comparaciones múltiples, se identificó que existen variaciones notables entre el porcentaje de vacíos comparado entre la mezcla tradicional y la mezcla modificada con 0.01% y 0.02% de poliestireno; mientras al compararlo con la adición al 0.03% y 0.04%, no se evidenciaron diferencias. Asimismo, el % de vacíos de la mezcla con 0.01% fue diferente que el resto de mezclas. Mientras que las medias del % de vacíos entre la mezcla con 0.02% y 0.03% no fueron significativas. De similar manera, no existieron diferencias entre el 0.03%, 0.04% y tradicional. Esto mismo se observa en la **Tabla 23**, al agrupar a las mezclas sin diferencias significativas en un mismo subconjunto grupal.

x. Conclusión general:

Se encontró que el porcentaje de vacíos fue diferente para distintos diseños de mezclas, entre el tradicional y la modificada con poliestireno. En este sentido, se concluye que el % de vacíos de la mezcla asfálticas en frío varía notablemente con la adición de poliestireno expandido.

5.2.4. Prueba de la cuarta hipótesis específica

i. Hipótesis a probar:

El flujo de la mezcla asfálticas en frío varía considerablemente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

ii. Hipótesis estadísticas:

- H1: No existen diferencias significativas, con respecto al flujo, entre la mezcla asfáltica patrón y las mezclas asfálticas con poliestireno al 0.01%; 0.02%; 0.03% y 0.04%.
- H0: Existen diferencias significativas, con respecto al flujo, entre la mezcla asfáltica patrón y las mezclas asfálticas con poliestireno al 0.01%; 0.02%; 0.03% y 0.04%.

iii. Alfa de riesgo: $\alpha = 0.05$

iv. Prueba ANOVA:

Tabla 24

Prueba ANOVA para flujo

ANOVA	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	44.551	4	11.138	11.882	0.001
Dentro de grupos	9.373	10	0.937		
Total	53.924	14			

Nota. Datos procesados con los valores obtenido de los ensayos de laboratorio.

v. Regla de decisión estadística:

Si la significancia hallada con la prueba estadística es menor al alfa de riesgo (0.05), indica que existen diferencias significativas entre las observaciones evaluadas.

vi. Análisis del ANOVA:

Los valores de la **Tabla 24** indican que la significancia, hallada con el ANOVA, fue de 0.00 y al ser menor a 0.05, se rechaza la H0; es decir, las diferencias para flujo, son significativas entre la mezcla

asfáltica patrón y las mezclas asfálticas con poliestireno al 0.01%; 0.02%; 0.03% y 0.04%.

vii. Conclusión de la prueba ANOVA:

De los 5 diseños de mezcla comparados, al menos uno de ellos es diferente al resto a nivel estadístico. Es decir, existen variaciones notables entre la mezcla patrón y las mezclas con adición de poliestireno, con respecto al flujo.

viii. Prueba Post Hoc de Tukey:

- Comparaciones múltiples de Tukey:

Tabla 25

Comparaciones múltiples para flujo

I	J	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Mezcla tradicional	con 0.01%	-1	0.790	0.717	-3.602	1.602
	con 0.02%	-40.06**	0.790	0.003	-6.668	-1.465
	con 0.03%	-40.43**	0.790	0.002	-7.035	-1.832
	con 0.04%	-20.90*	0.790	0.028	-5.502	-0.298
Mezcla con 0.01%	tradicional	1	0.790	0.717	-1.602	3.602
	con 0.02%	-30.06*	0.790	0.020	-5.668	-0.465
	con 0.03%	-30.43*	0.790	0.010	-6.035	-0.832
	con 0.04%	-1.9	0.790	0.191	-4.502	0.702
Mezcla con 0.02%	tradicional	40.06**	0.790	0.003	1.465	6.668
	con 0.01%	30.06*	0.790	0.020	0.465	5.668
	con 0.03%	-0.366	0.790	0.989	-2.968	2.235
	con 0.04%	1.166	0.790	0.598	-1.435	3.768
Mezcla con 0.03%	tradicional	40.433**	0.790	0.002	1.832	7.035
	con 0.01%	30.433*	0.790	0.010	0.832	6.035
	con 0.02%	0.366	0.790	0.989	-2.235	2.968
	con 0.04%	1.533	0.790	0.358	-1.068	4.135

	tradicional	20.90*	0.790	0.028	0.298	5.502
Mezcla con 0.04%	con 0.01%	1.9	0.790	0.191	-0.702	4.502
	con 0.02%	-1.166	0.790	0.598	-3.768	1.435
	con 0.03%	-1.533	0.790	0.358	-4.135	1.068

Nota. **significativo al 1%. ***significativo al 10%. *significativo al 5%. Datos procesados con los valores obtenido de los ensayos de laboratorio.

- Subconjuntos de la prueba de Tukey:

Tabla 26

Subconjuntos para flujo

Tipo de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Mezcla tradicional	3	7.200		
Mezcla con 0.01%	3	8.200	8.200	
Mezcla con 0.04%	3		10.100	10.100
Mezcla con 0.02%	3			11.267
Mezcla con 0.03%	3			11.633
Sig.		0.717	0.191	0.358

Nota. Datos procesados con los valores obtenido de los ensayos de laboratorio.

- ix. Análisis de la prueba de Tukey:

De la **Tabla 25** se identificó que existen diferencias de medias, para flujo, entre la mezcla tradicional y la mezcla con 0.02%, 0.03% y 0.04%; mientras con el diseño con 0.01%, las diferencias no fueron significativas. De similar manera, no hubo diferencias, para flujo, entre la mezcla con 0.01% y 0.02%; además, los valores para 0.04%, 0.02% y 0.03% no fueron estadísticamente diferentes. Estos mismos resultados se observan en la **Tabla 26**, al agrupar en subconjuntos iguales a aquellas mezclas sin diferencias significativas.

- x. Conclusión general:

Los valores de flujo fueron distintos para diferentes diseños de mezcla, por ende, el flujo de la mezcla asfálticas en frío varía notablemente con la adición de poliestireno expandido.

5.2.5. Prueba de la quinta hipótesis específica

i. Hipótesis a probar:

La humedad de la mezcla asfálticas en frío varía considerablemente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

ii. Hipótesis estadísticas:

- H1: No existen diferencias significativas, con respecto a la humedad, entre la mezcla asfáltica patrón y las mezclas asfálticas con poliestireno al 0.01%; 0.02%; 0.03% y 0.04%.
- H0: Existen diferencias significativas, con respecto a la humedad, entre la mezcla asfáltica patrón y las mezclas asfálticas con poliestireno al 0.01%; 0.02%; 0.03% y 0.04%.

iii. Alfa de riesgo: $\alpha = 0.05$

iv. Prueba ANOVA:

Tabla 27

Prueba ANOVA para humedad

ANOVA	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	44.423	4	11.106	136.545	0.000
Dentro de grupos	0.813	10	0.081		
Total	45.236	14			

Nota. Datos procesados con los valores obtenido de los ensayos de laboratorio.

v. Regla de decisión estadística:

Si la significancia hallada con la prueba estadística es menor al alfa de riesgo (0.05), indica que existen diferencias significativas entre las observaciones evaluadas.

vi. Análisis del ANOVA:

La significancia calculada, en la **Tabla 27**, fue 0.00; al ser menor a 0.05, se rechaza la H0; es decir, las diferencias, para humedad, son significativas entre la mezcla asfáltica patrón y las mezclas asfálticas con poliestireno añadido.

vii. Conclusión de la prueba ANOVA:

De los 5 diseños de mezcla, al menos uno de ellos es diferente a nivel estadístico. Por tanto, existen variaciones notables entre la mezcla patrón y las mezclas con adición de poliestireno, con respecto a la humedad.

viii. Prueba Post Hoc de Tukey:

- Comparaciones múltiples de Tukey:

Tabla 28

Comparaciones múltiples para humedad

I	J	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Mezcla tradicional	con 0.01%	40.33**	0.233	0.000	3.567	5.100
	con 0.02%	40.36**	0.233	0.000	3.600	5.133
	con 0.03%	40.20**	0.233	0.000	3.434	4.966
	con 0.04%	40.30**	0.233	0.000	3.534	5.066
Mezcla con 0.01%	tradicional	-40.33**	0.233	0.000	-5.100	-3.567
	con 0.02%	0.033	0.233	1.000	-0.733	0.800
	con 0.03%	-0.134	0.233	0.976	-0.900	0.633
	con 0.04%	-0.034	0.233	1.000	-0.800	0.733

Mezcla con 0.02%	tradicional	-40.37**	0.233	0.000	-5.133	-3.600
	con 0.01%	-0.033	0.233	1.000	-0.800	0.733
	con 0.03%	-0.167	0.233	0.948	-0.933	0.600
	con 0.04%	-0.067	0.233	0.998	-0.833	0.700
Mezcla con 0.03%	tradicional	-40.20**	0.233	0.000	-4.966	-3.434
	con 0.01%	0.134	0.233	0.976	-0.633	0.900
	con 0.02%	0.167	0.233	0.948	-0.600	0.933
	con 0.04%	0.099	0.233	0.992	-0.666	0.866
Mezcla con 0.04%	tradicional	-40.30**	0.233	0.000	-5.066	-3.534
	Mezcla con 0.01%	0.037	0.233	1.000	-0.733	0.800
	Mezcla con 0.02%	0.069	0.233	0.998	-0.700	0.833
	Mezcla con 0.03%	-0.1	0.233	0.992	-0.866	0.666

Nota. **significativo al 1%. ***significativo al 10%. **significativo al 5%. Datos procesados con los valores obtenido de los ensayos de laboratorio.

- Subconjuntos de la prueba de Tukey:

Tabla 29

Subconjuntos para humedad

Tipo de mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Mezcla con 0.02%	3	1.333	
Mezcla con 0.01%	3	1.367	
Mezcla con 0.04%	3	1.400	
Mezcla con 0.03%	3	1.500	
Mezcla tradicional	3		5.700
Sig.		0.948	1.000

Nota. Datos procesados con los valores obtenido de los ensayos de laboratorio.

- ix. Análisis de la prueba de Tukey:

De la **Tabla 28** se evidenció que los valores para humedad de la mezcla tradicional fue significativamente diferentes que las mezclas con poliestireno añadido. Mientras que entre las 4 mezclas con poliestireno, no se observaron diferencias. De igual manera, en

la **Tabla 29** se observa que las mezclas con 0.01%; 0.02%, 0.03% y 0.04% se ubicaron en un mismo subconjunto; mientras que la mezcla tradicional se encontró en un subconjunto diferente.

x. Conclusión general:

La humedad de la mezcla patrón fue distinta entre la mezcla tradicional y la mezcla modificada con poliestireno. Por lo tanto, la humedad de la mezcla asfálticas en frío varía notablemente con la adición de poliestireno expandido.

5.2.6. Prueba de la sexta hipótesis específica

i. Hipótesis a probar:

Los costos de la mezcla asfálticas en frío variarán considerablemente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

ii. Comparación de costos entre mezclas:

Para el hallazgo de los costos de producción de las mezclas en estudio, la mezcla tradicional y la mezcla con poliestireno, se basó en el estudio de Medrano (2019). En la **Tabla 30** y **Tabla 31** se presenta el costo de producir una briqueta con mezcla tradicional y mezcla modificada.

Tabla 30

Costo de producción de briqueta con mezcla asfáltica en frío

Ítem	Cantidad	Precio (S/)	Costo (S/)
Mano de obra			20
Operario/trabajador	1	20	20
Materia prima			38.6
Agregado fino y grueso (kg)	0.65	4	2.6
Agua (L)	8	2.5	20
Cemento (kg)	0.8	20	16

Complemento mecánico			22
Aceite de motor	1	12	12
Otros	-	10	10
Herramientas			20
Molde de madera	1	10	10
Otros	-	10	10
Total			100.6

Nota. Adaptado de “Mezcla de poliestireno expandido en la resistencia a la compresibilidad”, 2019, UCV.

Tabla 31

Costo de producción de briqueta con mezcla asfáltica en frío modificada

Ítem	Cantidad	Precio (S/)	Costo
Mano de obra			20
Operario/trabajador	1	20	20
Materia prima			23.58
Agregado fino y grueso (kg)	0.57	4	2.28
Agua (L)	6	2.5	15
Cemento (kg)	0.3	20	6
Poliestireno Expandido (kg)	0.1	3	0.3
Complemento mecánico			22
Aceite de motor	1	12	12
Otros	-	10	10
Herramientas			20
Molde de madera	1	10	10
Otros	-	10	10
Total			85.58

Nota. Adaptado de “Mezcla de poliestireno expandido en la resistencia a la compresibilidad”, 2019, UCV.

El costo total para la producción de una briqueta con mezcla asfáltica tradicional fue de S/100.6, mientras que con el diseño modificado con poliestireno, fue de S/85.58; con una diferencia de S/15.02; el mayor costo para que la mezcla tradicional sea más cara es por la cantidad de cemento, agua y agregados empleados; mientras que en la mezcla modificada, las cantidades son menores, debido a que el poliestireno expandido dota de algunas propiedades a la mezcla en reemplazo de las otras materias primas, ello con el fin de cumplir las especificaciones de la normativa.

iii. Conclusión:

Los costos de la mezcla asfálticas en frío variarán con la adición de poliestireno expandido; además, económicamente es más barato producir la mezcla modificada.

5.2.7. Prueba de la hipótesis general

i. Hipótesis a probar:

La resistencia mecánica de la mezcla asfálticas variará positivamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

ii. Resumen estadístico de la resistencia mecánica:

Tabla 32

Media de los indicadores de resistencia mecánica

Indicadores	Tradicional	0.01%	0.02%	0.03%	0.04%
Densidad Bulk (G)	2.28	2.23	2.19	2.18	2.17
Estabilidad (Kg-f)	929.00	1471.00	1315.33	1160.67	1235.00
Flujo (mm)	7.20	8.20	11.27	11.63	10.10
Humedad (K)	5.70	1.37	1.33	1.50	1.40
Vacios (%)	5.20	3.93	4.60	4.90	5.13

Nota. Adaptado de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

- Densidad Bulk (G): La media es descendente conforme se le añade mayor porcentaje de poliestireno a la mezcla.
- Estabilidad (Kg-f): La media aumenta notablemente para el diseño con 0.01%; sin embargo, desciende al agregar 0.02% y 0.03% y 0.04% de poliestireno.
- Flujo (mm): El flujo tiene una tendencia ascendente hasta el diseño con 0.03%; mientras que el diseño con 0.04% de

poliestireno disminuye a un valor inferior al diseño con 0.02% pero superior que el diseño con 0.01%.

- Humedad (K): Su valor se reduce notablemente al agregar 0.01% de poliestireno, este valor baja al añadir 0.02%, pero vuelve a aumentar al añadir 0.03% y 0.04%; no obstante, los valores de la mezcla modificada son notablemente inferiores que la mezcla tradicional.
- Vacíos (%): Al agregar 0.01% de poliestireno, el valor se reduce notablemente, al ser comparado con el resultado para mezcla sin modificación. Sin embargo, al añadir 0.02%, 0.03% y 0.04% el valor va en ascenso.

iii. Resumen de las pruebas ANOVA y diferencia de medias por pares

Tabla 33

Resultados ANOVA de los indicadores de resistencia mecánica

Indicador	F	Sig.
Densidad Bulk (G)	34.677	0.000
Estabilidad (Kg-f)	73.740	0.000
Flujo (mm)	11.882	0.001
Humedad (K)	136.545	0.000
Vacios (%)	29.122	0.000

Nota. Procesado de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Tabla 34

Diferencia de medias de los indicadores de resistencia mecánica

I	J	Diferencia de medias (I-J)				
		Densidad	Estabilidad	Flujo	Humedad	Vacios (%)
Mezcla tradicional	0.01%	0.0483**	-5420.0**	-1	40.33**	10.267**
	0.02%	0.081**	-3860.33**	-40.06**	40.36**	0.60**
	0.03%	0.0926**	-2310.6**	-40.43**	40.20**	0.301
	0.04%	0.105**	-3060.0**	-20.90*	40.30**	0.067

Nota. **significativo al 1%. ***significativo al 10%. *significativo al 5%. Datos procesados con los valores obtenidos de los ensayos de laboratorio.

De la **Tabla 33** se concluye existen diferencias significativas entre el diseño de las mezclas evaluadas; es decir, al menos una de las mezclas es distinta al resto. Adicionalmente, en la **Tabla 34** se detalla la significancia de las diferencias por pares, encontrando que para densidad, estabilidad y humedad, la mezcla tradicional es significativamente diferente que los 4 diseños de mezcla con poliestireno añadido. Mientras que para flujo varía para el diseño con 0.02%, 0.03% y 0.04%; y en cuanto a vacíos, las diferencias se dan con la mezcla con 0.01% y 0.02% de poliestireno añadido. No obstante, la adición de poliestireno añadido si influyó sobre los indicadores de resistencia mecánica. Es decir, hubo notables variaciones de densidad, estabilidad, flujo, humedad y % vacíos al comparar la mezcla tradicional con la mezcla modificada con poliestireno. Asimismo, se observó que entre los diferentes porcentajes de poliestireno añadido se identificaron diferencias significativas; es decir, el porcentaje de poliestireno que se agrega a la mezcla también hace que los indicadores de resistencia mecánica varíen.

Conclusión:

Se acepta la hipótesis general. La adición de diferentes porcentajes de poliestireno expandido influye sobre la densidad, estabilidad, flujo, humedad y % de vacíos de una mezcla. Es decir, añadir poliestireno expandido a una mezcla, hace que la resistencia mecánica varíe positivamente.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Entre los resultados se encontró que la resistencia mecánica de la mezcla asfálticas varía con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021. Es decir, al añadir poliestireno a la mezcla, los parámetros de resistencia mecánica mejoran al ser comparado con una mezcla tradicional. Similar resultado se obtuvo en el estudio de Luque (2019), en su caso añadió el tereftalato de polietileno, encontrando que tiende a influenciar en la resistencia mecánica que tiene el mezclado asfáltico, esto lo evidenció en las variaciones que tuvo la mezcla al momento de ser aplicado, demostrando qué mejoró la resistencia mecánica de mezcla asfáltica. Otro resultado que corroboró a la tesis fue de Arévalo y Lucho (2019) donde aplicó el poliestireno, hallado que este influenció en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente, en el estudio fue con una temperatura fría, demostrando que la diferencia de temperaturas no siempre afecta en su impacto positivo de las mezclas asfálticas. Además, el material termoplástico muestra que su uso es confiablemente porque determina la rigidez, estabilidad y contenido de vacíos. Además, los valores se relacionan con las propiedades de trabajabilidad, estabilidad, flexibilidad, e impermeabilidad de mezclas asfálticas.

Respecto al estudio de Pílares (2018), aplicó a las fibras de polipropileno en las mezclas asfálticas en caliente, evaluándose así que las fibras de polipropileno, tienden a afectar positivamente en la resistencia mecánica. Se realizó un estudio donde se diferenció la mezcla convencional con el agregado de las fibras, donde se presentaron diferencias significativas. Teóricamente hablando, como menciona Jaume (2014) La resistencia mecánica es la capacidad de un objeto para resistir fuerzas internas o externas aplicadas sin romperse. Esta resistencia depende de la geometría y de los materiales que la componen. Por otro lado, la resistencia de un material es la combinación

de fuerza, datos del material y geometría para generar un modelo y analizar su resistencia mecánica, entre varios métodos de medición se encuentran los ensayos de tracción, ensayos de probeta.

La densidad de la mezcla asfálticas en frío se modificará significativamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021. Entre los resultados obtenidos por Pilares (2018) quien agregó fibras de polipropileno a una mezcla asfáltica en caliente indicó que la densidad mejoro hasta en un 6% a diferencia de la mezcla convencional la cual no emplea ningún aditivo; no obstante, señala que los valores si fueron bajos, pero también, sí llegaron a beneficiar a la mezcla.

En la investigación de Arévalo y Lucho (2019) se obtuvieron resultados parecidos en relación a la densidad, en este caso también aplicó en el poliestireno y analizó las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas también en temperatura caliente; entonces, obtuvo que la densidad tuvo ligeras disminuciones siendo así que permitió una mejor aplicación al momento de colocar la mezcla en la vía. Es importante que la densidad esté equilibrada y se adapte a las condiciones del lugar para que pueda ser fácil aplicación de esta. Según señala Delbono (2019), al restaurar los pavimentos es importante considerar agregados cómo fue en el estudio presente la aplicación de polímeros el cual se adapta y ayuda a poder lograr una mejor densidad al momento de la aplicación lo cual beneficia a la estructura y alarga la vida útil. A nivel teórico, Rondon y Reyes (2015), mencionan que la densidad es fundamental para las mezclas asfálticas, al aplicar la mezcla, aumenta la densidad, presentando un mejor rendimiento, en caso los niveles sean adecuados.

También se encontró que la estabilidad de la mezcla asfálticas en frío se diferirá significativamente con la adición de poliestireno

expandido, Huancayo, Junín, 2021. Un resultado diferente se encontró en el estudio de Delbono (2019), quién señala que entre las propiedades físico-mecánicas que debe tener una mezcla asfáltica se encuentra la estabilidad el cual permite una mejor adaptación al ambiente donde será aplicado, por ello es importante analizar las características que debe de tener la mezcla asfáltica y si es necesario agregar algún tipo de aditivo el cual pueda mejorar la estabilidad. Otro estudio que mencionó lo importante que es tener estabilidad fue el de Tueros (2017) quién señaló que la estabilidad del cemento es fundamental para que esta pueda tener una vida útil extensa en su caso incorporó el polvo de caucho a la mezcla asfáltica convencional así como la presente investigación agregó al poliestireno expandido pudo mejorar la estabilidad pasando de 85% hasta 87 y 97% impactando así de forma positiva en su desarrollo, con ello se demuestra que así como el poliestireno expandido el polvo del caucho también ayuda a mejorar esta condición.

Respecto a la teoría, se sabe que la estabilidad asfáltica es la capacidad de resistencia que tiene al desplazamiento y deformación bajo las cargas de los vehículos que hacen uso de ella. Cuando se menciona a un pavimento estable este puede resistir y mantener su forma y lisura bajo diferentes cargas repetidamente un pavimento inestable desarrolla ahuellamiento ondulaciones y otro tipo de fallas los cuales perjudica a la larga principalmente a los usuarios (Rondon & Reyes, 2015).

Entre los resultados se encontró que el porcentaje de vacíos de la mezcla asfálticas en frío variarán considerablemente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021. En la investigación de Chilcon y Ramirez (2017), se presentaron resultados similares en relación al porcentaje de vacíos en este caso elaboró una mezcla asfáltica en frío encontrándose que el porcentaje de vacíos totales de la mezcla fue VTM de 4.72 y 4.80 en mediano como en pesado respectivamente. Respecto al porcentaje de vacíos totales en el

agregado mineral VMA en la masa mediana se obtuvo 18.12% y en la masa pesada fue de 18.20% con ellos se halló que se cumplen con los rangos mínimos y máximos indicados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Siendo así que esto puede ser aplicado en los tramos, en la presente investigación se añadió aditivos como es el poliestireno expandido lo cual mejoró estos porcentajes ya que al tener un menor porcentaje de vacíos en toda la mezcla hasta se considera más adecuada y estable.

En la investigación de Pilares (2018) se obtuvo un resultado similar según señala las mezclas asfálticas en caliente con fibras de polipropileno incorporado tienden a reducir sus porcentajes de vacíos de forma mínima pero significativa lo cual ayuda a tener una diferencia de la mezcla convencional, pensé que estas diferencias pueden llegar a ser bajas no significa que la mezcla con el aditivo sea negativa al contrario estos datos son positivos para la aplicación de la mezcla en las vías. Otro resultado que apoya el obtenido en el estudio es de Arévalo y Lucho (2019) quienes señalaron que al incorporar el poliestireno en el asfalto en caliente se logra mejorar las propiedades mecánicas entre estas está el porcentaje de vacíos el cual al ser reducida se obtuvo una mejor rigidez y estabilidad mejor control de la mezcla al momento de su aplicación y un alargamiento de la vida útil. Según señala Rondon y Reyes (2015), los vacíos de aire o espacios vacíos que se puedan tener en la mezcla tienden a influenciar en la duración del asfalto durante su uso por los usuarios vehiculares cuando el pavimento ya está listo presenta la propiedad de amoldarse a la fuerza de tránsito de que la misma soporta el porcentaje de vacío tiene recaer y a qué depende de si el exceso de la mezcla sea permeable o por su propia poca presencia de los vacíos se genera una exudación del asfalto por ello es importante que al momento de desarrollar las mezclas sea con aditivos o sin aditivos

se procure minimizar significativamente todos los vacíos de aire que pueda tener.

El flujo de la mezcla asfáltica en frío varía considerablemente con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021. Similar resultado se obtuvo en la investigación de Luque (2019) quién señaló que al agregar tereftalato de polietileno en el concreto asfáltico género que la mezcla obtenga un mejor flujo al momento de ser aplicado habías ello permitió un mejor manejo de este ya que era más fácil expandirlo. Respecto al estudio de Arévalo y Lucho (2019) presentaron similitudes con la presente investigación en su caso también aplicaron el poliestireno para mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica con temperatura caliente entre sus resultados logró determinar que el flujo del material termostático puede mejorar de forma conveniente para su aplicación y trabajabilidad en el tramo dónde iba a ser aplicado. Por otro lado, Pilares (2018) señala que el flujo de la mezcla es importante para determinar la manejabilidad que va a tener al momento de ser aplicado por ello considerar aditivos que puedan mejorar esto cómo es el polipropileno es importante ya que facilita que la mezcla asfáltica puede ser manipulada de acuerdo a lo que se busca. En la teoría al hablar respecto a al flujo tiende a referirse a la viscosidad que presenta la mezcla es decir el estado de fluidez en los que se encuentran los asfaltos cuando estos son aplicados la manejabilidad puede ser compleja en caso su fluidez no sea adecuada o si tiene un estado alto de fluidez está puede ser perjudicial ya que sería más inestable al momento de recibir las cargas vehiculares por ello es importante que el disco m se ha empleado para su medición y se pueda tener un equilibrio en esta variable (R.D. N°18-2016- MTC/14, 2016).

Entre los resultados se obtuvo que la humedad de la mezcla asfálticas en frío varía considerablemente con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021. Similar resultado se obtuvo en la

investigación de Pilares (2018) en su caso trabajo con una mezcla asfáltica en caliente y agregó fibras de polipropileno hallando que la humedad luego de agregar la fibra de polipropileno mínimamente sin embargo está reducción fue relevante ya que mejoró la trabajabilidad y estabilidad de la mezcla permitiendo así que se adapte mejor a la realidad donde iba a ser aplicada. En la investigación de Chilcon y Ramirez (2017), se encontró que al elaborar una mezcla asfáltica en frío siendo convencional la humedad se mantuvo a un nivel alto no obstante cuando la mezcla fue de VTM la humedad tuvo reducciones mínimas pero significativas al igual que la mezcla de VMA permitiendo así su mejor manejo y aparte el autor vio su empacado mencionando que estas dos últimas mezclas al ser empacadas en un balde frío de plástico tiene una mejor preservación frente a la humedad y puede mantener su estabilidad y fluidez por un buen tiempo.

En el trabajo de Tueros (2017) se señala que al incorporar polvo de caucho siendo un aditivo parecido al poliestireno expandido se obtuvo resultados o variaciones mínimas en la humedad lo cual hasta cierto punto es adecuado ya que permite evitar rajaduras luego de ser aplicada a la mezcla en el tramo seleccionado por ende es importante siempre cuidar la humedad que presenta está debe estar equilibrada no debe ser ni tan alta ni tan baja adaptándose fácilmente a la realidad. En relación a la teoría de la humedad se sabe que la humedad hasta cierto punto es un aspecto fundamental de la mezcla asfáltica tenga o no tenga aditivo ya que ayuda a controlar adecuadamente a la mezcla y alargar la vida útil de esta por ende las cantidades bajas de humedad en las mezclas con agregados de poliestireno resulta ser adecuado para tener una mejor manejabilidad al momento de ser aplicado (R.D. N°18-2016- MTC/14, 2016).

Finalmente se obtuvo que los costos de la mezcla asfálticas en frío variarán considerablemente con la adición de poliestireno expandido,

Huancayo, Junín, 2021. Respecto a los costos que presentan las mezclas asfálticas en frío, éstas tienden a variar de acuerdo a la cantidad de aditivos que se les brinda. En el estudio de Chilcon y Ramirez (2018) se menciona que su costo aproximado llega hasta los 900 soles por metro cúbico mientras que un costo unitario por alrededor de 42.50 kilogramos llega a acostar 15.50 soles, entonces estos costos cómo se menciona varían de acuerdo a la calidad de la mezcla asfáltica realizada en frío. De acuerdo a Gonzáles (2012), los costos pueden dar precios altos llegando incluso a estar en el rango de 20 a 30 soles por unidad ello va a depender de las cantidades que se les agrega.

CONCLUSIONES

Se determinó que la resistencia mecánica varía significativamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021. (sig. ANOVA=0.00). Es decir, en el diseño de mezcla asfáltica en frío al añadir poliestireno expandido, mejoran los parámetros de su resistencia mecánica. Esto se debe, en parte a las propiedades del poliestireno sobre la arena gruesa, fina y el cemento, causando que en la mezcla se tenga una mejor estabilidad y densidad, menor porcentaje de vacíos, un menor flujo y una humedad óptima.

- Se encontró que la densidad bulk (G) promedio de la mezcla asfáltica tradicional fue de 2.28, mientras que para la mezcla con adición de 0.01%, 0.02%, 0.03% y 0.04% de poliestireno fue de 2.23, 2.19, 2.18 y 2.17, respectivamente. Es decir, la media fue descendente conforme se le añade mayor porcentaje de poliestireno a la mezcla; en todos los casos, los valores cumplen con la normativa del MTC/14 2013 “Manual de Carreteras”. Asimismo, la prueba de ANOVA, mostró que las diferencias de la densidad bulk, entre la mezcla tradicional y la modificada fueron significativas al 1%. Por lo tanto, se concluye que la densidad de la mezcla asfálticas en frío se modificó significativamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.
- Se evaluó la diferencia de la estabilidad (kg-f) de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, hallando que el promedio para la mezcla tradicional fue de 929.00, mientras para las mezclas modificadas la media fue de 1471.00, 1315.33, 1160.67 y 1235.00; ello indica que los valores van en aumento para el diseño con 0.01%; sin embargo, desciende al agregar 0.02% y 0.03% y 0.04% de poliestireno. No obstante, en todos los casos se cumplió con el valor mínimo de diseño (831

kg-f) según el MTC. Además, se encontró que las diferencias entre la mezcla tradicional y con poliestireno fueron significativas (sig. ANOVA=0.00). En conclusión, la estabilidad de la mezcla asfálticas en frío difiere significativamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

- Se logró evaluar la variación del porcentaje de vacíos de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido. Entre los resultados, la media del % de vacíos de la mezcla convencional fue de 5.20, mientras que para la mezcla modificada con 0.01%, 0.02%, 0.03% y 0.04%, la media fue de 3.93, 4.60, 4.90 y 5.13, en ese orden. De ello se observa que al agregar 0.01% de poliestireno, el valor se reduce notablemente a diferencia de mezcla sin modificación. Además, el % de vacíos de la mezcla convencional superó el límite máximo (5%); mientras que la mezcla modificada cumplió en el diseño con 0.01%, 0.02% y 0.03%; mientras que con 0.04% sobrepasó el estándar dictado por la MTC. Adicionalmente, se realizó la prueba de diferencia de medias, encontrando que la significancia calculada de la prueba ANOVA, fue 0.00, significativa al 1%; de ello se concluye que existen diferencias notables, para el % de vacíos, entre la mezcla convencional y la modificada. Por lo tanto, el porcentaje de vacíos de la mezcla asfálticas en frío variarán considerablemente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.
- Se evaluó cuánto varía el flujo de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido. Los resultados mostraron que la media fue de 7.20, 8.20, 11.27, 11.63 y 10.10 para la mezcla convencional y los diferentes porcentajes de poliestireno expandido. Esto indica que el flujo tiene una tendencia ascendente hasta el diseño con 0.03%. Los promedios al

compararse con la norma, mostraron que el flujo de la mezcla convencional no cumple con el rango establecido entre 8 – 14 mm; mientras que las mezclas modificadas, sí cumplen con el requisito. Por otro lado, se halló que las diferencias del flujo fueron significativas, ya que la significancia calculada del ANOVA, fue de 0.00; de lo cual se concluye que, el flujo de la mezcla asfáltica en frío varía considerablemente con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

- Se halló que la humedad de la mezcla asfálticas en frío varía con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021. Sobre los valores promedio, para la mezcla convencional fue de 5.70; mientras que para las mezclas modificadas fue de 1.37, 1.33, 1.50 y 1.40; observando que el valor se reduce notablemente al agregar 0.01% de poliestireno; además que todos los valores de la mezcla modificada cumplen con el máximo de 4%. Asimismo, con la prueba ANOVA, se halló que las diferencias son significativas, concluyendo que la humedad de la mezcla asfálticas en frío varía considerablemente con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.
- Finalmente, se evaluaron los costos de la mezcla asfálticas en frío convencional y con adición de poliestireno expandido. Se halló que para producir una briqueta con mezcla convencional el presupuesto fue de S/100.6, y para el diseño modificado con poliestireno, fue de S/85.58; existiendo una diferencia de S/15.02. Por tanto, los costos de la mezcla asfálticas en frío varían considerablemente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

RECOMENDACIONES

- A los ingenieros civiles encargados de obras de pavimentación, aplicar aditivos como el poliestireno expandido para mejorar la resistencia mecánica; asimismo, se recomienda que en futuras investigaciones se analicen diferentes tipos de aditivos, como el polvo de caucho, vidrio molido y otros, los cuáles pueden ser adecuados para mejorar la calidad del pavimento.
- Que a los ingenieros encargados de hacer la mezcla asfáltica con el añadido de poliestireno expandido puedan analizar a más detalle la densidad que presenta la mezcla con este aditivo; principalmente se sugiere que se agregue un 0.03%, el cual resultó ser el más eficiente para mejorar la densidad.
- A los ingenieros civiles, realizar más pruebas en diferentes muestras hasta determinar cuál resiste de forma eficiente el desplazamiento de las cargas que recibe por el tránsito vehicular. El objetivo de esto es que se encuentre una mezcla que pueda resistir y mantener su forma y lisura bajo a cargas repetidas permitiendo que la vida útil se ha expandido.
- A los diseñadores de mezcla asfáltica en frío agregar un 0.04% de poliestireno expandido, por ser el más eficiente en la reducción de la cantidad de vacíos.
- Que los ingenieros realicen más experimentos con diferentes aditivos para determinar el flujo y viscosidad adecuado que pueda favorecer a la trabajabilidad y manejabilidad por parte de los obreros al momento de su aplicación en la vía
- Respecto a la humedad se sugiere que se busque un equilibrio entre la mezcla asfáltica en frío tradicional y modificada, ya que

está es fundamental para que pueda tenerse un mejor control y vida útil del pavimento.

- Se recomienda cotizar diferentes precios y calidades en relación a la mezcla asfáltica en frío con poliestireno expandido añadido, este puede llegar a variar de acuerdo a lugar donde se adquiere; por ello, previo a su proyección presupuestal se debe realizar dicha cotización buscando la mejor relación entre calidad precio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aimacaña, J. (2017). *Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímero y pavimentos flexibles tradicionales*. Ambato -Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Arévalo, H., & Lucho, J. (2019). *"Influencia de la incorporación de poliestireno en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente, Lima-2019"*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Badillo, J., & Rodríguez, R. (2004). *Mecánica de suelos*. Mexico D.F.: Limusa - Noriega Editores.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia: Pearson Educación.
- Campos, G., & Lule, N. (2012). La observación, un método para el estudio de la realidad. *Xihmai*, 45-60.
- Carrillo, A. L. (2015). *Población y muestra*. Métodos de la investigación. Universidad Autonoma Del Estado De Mexico, Escuela Preparatoria Texcoco. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/oca/bitstream/20.500.11799/35134/1/secme-21544.pdf>
- Castro, W., Rondón, H., & Barrero, J. (2016). Evaluación de las propiedades reológicas y térmicas de un asfalto convencional y uno modificado con un desecho de PEBD. *Ingeniería*, 7 -18.
- Chilcon, J. C. (2017). *Elaboración de una mezcla asfáltica en frío almacenable para la reparación de pavimentos en el departamento de Lambayeque*. Lambayeque: Universidad Señor de Sipán.
- Chilcon, J., & Ramírez, K. (2018). *Elaboración de una mezcla asfáltica en frío almacenable para la reparación de pavimentos en el departamento de Lambayeque, 2017*. Pimentel: Universidad de Sipán.
- ComexPerú. (28 de 02 de 2020). *ComexPerú*. Obtenido de ComexPerú: <https://www.comexperu.org.pe/articulo/infraestructura-vial-gobiernos-subnacionales-estancados>
- Davila, M. (2017). *Incorporacion de polvo de caucho en la mezcla asfáltica convencional para mejorar el comportamiento de la superficie de*

rodadura frente al ahuellamiento en la ciudad de Huancayo 2016.
Huancayo: Universidad Peruana los Andes.

Delbono, H. (2019). Restauración de pavimentos: adherencia entre capas con interposición de geosintético de diferencia abertura de malla. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 34(3), 307 - 320.

Espinoza, C. (2010). *Metodología de la investigación tecnológica*. (M. o. investigation, Trad.) Huancayo: Imagen Gráfica SAC,. Recuperado el 03 de 10 de 2020

Espinoza, E. (2016). *Unidad, muestra y muestreo*. Honduras: UIC.

Facultad de Ciencias y Tecnología. (2004). *Pavimentos*. Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.

Fernandez, J. A. (1983). *Pavimentos bituminosos en frío*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, S.A.

García, N., Anguas, P., Salazar, A., Hidalgo, R., & Mondragón, F. (2016). *Evaluación de las propiedades mecánicas del poliestireno expandido*. Sanfandila: Instituto Mexicano del Transporte.

Garnica, P., Delgado, H., Gómez, J. A., Alonso, S., & Alarcón, H. A. (2004). *Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas*. México: Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

González, D. (2012). *Estado de la práctica de las mezclas asfálticas en frío para capas estructurales usando materiales nuevos*. Bogotá: Universidad de los Andes.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F.: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2008). *Guía técnica para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios*. España: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

IPN. (08 de 2017). *VISE*. Recuperado el 06 de 10 de 2020, de VISE: <https://blog.vise.com.mx/qu%C3%A9-es-un-pavimento-flexible-y-cu%C3%A1ndo-conviene-usarlo>

- Lino, J. (2009). *Metodología de la investigación*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP).
- López, S., & Veloz, Y. (2013). *Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBR y SBS, con agregados provenientes de la cantera guayllabamba*. Sangolqui: Escuela Politécnica del Ejército.
- Luque, A. (2019). *Influencia de la incorporación del tereftalato de polietileno en el comportamiento de los parámetros del diseño Marshall del concreto asfáltico*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Martínez, E. (2009). *Estudio de propiedades hídricas del suelo mediante medidores de actividad de agua en la zona regable de Terra Chá*. España: Universidad de Santiago de Compostela, Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico.
- Massart, D. (1997). *Handbook of Chemometrics and Qualimetrics: Part A*. Amsterdam.: Elsevier.
- Medrano, A. J. (2019). *Mezcla de poliestireno expandido y polvo de caucho de neumáticos en la resistencia a la compresibilidad del adoquín para uso peatonal, Lima – 2019*. Lima: UCV.
- Monje, C. (2011). *Metodología de investigación*. Neiva, Colombia.: Programa de Comunicación Social y Periodismo.
- Mott, R. (1996). *Mecánica de fluidos aplicada*. México D.F.
- Pilares, C. A. (2018). *Análisis del comportamiento de mezclas asfálticas en caliente con fibras de polipropileno incorporada para condiciones de zonas de altura*. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola.
- R.D. N°18-2016- MTC/14. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima: El Peruano.
- R.D. N°22 - 2013 - MTC/14. (2013). *Manual de carreteras*. Lima: El Peruano.
- R.M. N° 0137-2020 MTC/01. (2020). *Texto Único de Procedimientos Administrativos*. Lima: El Peruano.
- R.M. N° 02-2018 - MTC/14. (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Lima: El Peruano.

- Rodriguez, R., Castaño, V., & Martinez, M. (2001). *Emulsiones asfálticas*. Sanfandila: Instituto Mexicano del transporte. Recuperado el 01 de 10 de 2020
- Rojas, I. (2011). Elementos para el diseño de técnicas de investigación: una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. *Tiempo de educar*, 277-297.
- Rondon, H., & Reyes, F. (2015). *Pavimentos - Materiales, construcción y diseño*. Colombia: Ecoe Ediciones.
- Salinas, M. (2003). *Costos, presupuestos, valorizaciones de obra*. Perú: Instituto y gerencia , fondo editorial ICG, Perú.
- Suda, J., Valentin, J., & Žák, J. (2016). Cold bituminous emulsion mixtures - laboratory mix design, trial section job site and monitoring. *6th Eurasphalt & Eurobitume Congress* (págs. 1 - 11). Prague, Czech Republic: Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Praha. doi:dx.doi.org/10.14311/EE.2016.327
- UDLAP. (2012). *Universidad de las Américas Puebla*. Obtenido de Estado del arte (Diseño de mezclas asfálticas): http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/caceres_m_ca/ca pitulo1.pdf
- Universitat Jaume I . (23 de 06 de 2014). *Resistencia mecánica*. Obtenido de Universitat Jaume I, Área de Ingeniería Mecánica, Dpto. Ingeniería Mecánica y Construcción: http://www.mecapedia.uji.es/resistencia_mecanica.htm

ANEXOS

Anexo 1
Matriz de Consistencia

Título: Resistencia mecánica de mezclas asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

Autor: Gavino Galdos, Hugo

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Problema General:	Objetivo General:	Hipótesis General:	Variable Dependiente:			Tipo de Investigación:	Población:	Técnicas:
¿Cuánto varía la resistencia mecánica de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021?	Determinar cuánto varía la resistencia mecánica de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.	La resistencia mecánica de la mezcla asfálticas variará positivamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.	V1: Poliestireno extendido	<ul style="list-style-type: none"> Propiedades del Poliestireno Proporción, cantidad para el diseño Periodo de vida útil 	<ul style="list-style-type: none"> Módulo de finura Coeficiente de uniformidad Gradación por tamizado Porcentaje de proporción de poliestireno expandido 0.01 - 0.04 	<p>Aplicada</p> <p>Nivel de Investigación: Explicativo</p> <p>Método General: Cuantitativo</p> <p>Diseño: Cuasi experimental ex post</p>	<p>Diseños de pavimento asfáltico.</p> <p>Muestra: 2 ensayos de diseño asfáltico. Uno con diseño convencional y otro con diseño agregando poliestireno o expandido.</p>	<p>Observación</p> <p>Instrumento: Ficha de observación.</p>
Problemas específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:						
	<ul style="list-style-type: none"> Analizar la modificación 	<ul style="list-style-type: none"> La densidad de la mezcla 						

<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuánto se modifica la densidad de las mezclas asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021? • ¿Cuánto difiere la estabilidad de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021? • ¿Cuánto varía el porcentaje de vacíos de la mezcla asfálticas en frío con 	<p>de la densidad de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar cuánto difiere la estabilidad de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021. • Evaluar cuánto varía el porcentaje de vacíos de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021. • Evaluar cuánto varía el 	<p>asfálticas en frío se modificará significativamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La estabilidad de la mezcla asfálticas en frío diferirá significativamente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021. • El porcentaje de vacíos de la mezcla asfálticas en frío variarán considerablemente con la adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021. 	<p>V2:</p> <p>Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flujo • Humedad • Densidad • Estabilidad • Vacíos 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 – 15 años asfalto tradicional • 20 – 25 años asfalto modificado • Ensayo Marshall 	<p>Muestreo: No probabilístico por conveniencia</p>
--	--	--	---	--	--

<p>adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021?</p>	<p>flujo de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El flujo de la mezcla asfáltica en frío varía considerablemente con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuánto varía el flujo de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021? 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar cuánto varía la humedad de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021 	<ul style="list-style-type: none"> • La humedad de la mezcla asfálticas en frío varía considerablemente con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuánto varía la humedad de la mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021? 		

Anexo 2

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala
Poliestireno extendido	El poliestireno expandido es plástico espumado mayormente utilizado en el sector de la construcción, por sus características de aislante acústico y térmico, también utilizado en diferentes industrias como envases y otros. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2008).	Viene a ser un material plástico espumado utilizado como emulsificante en las emulsiones asfálticas, para comprobar la durabilidad de la mezcla asfáltica que se desea diseñar.	Propiedades del Poliestireno	Módulo de finura		Razón
				Coeficiente de uniformidad		Razón
				Gradación por tamizado		Razón
			Proporción, cantidad para el diseño	Porcentaje de proporción de poliestireno expandido 0.01		Razón
				Porcentaje de proporción de poliestireno expandido 0.02		
				Porcentaje de proporción de poliestireno expandido 0.03		
				Porcentaje de proporción de poliestireno expandido 0.04		
Periodo de vida útil	10 – 15 años asfalto tradicional		Razón			
	20 – 25 años asfalto modificado					
Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío	La resistencia mecánica es aquella capacidad de los cuerpos para resistir a fuerzas internas o externas que se	Viene a ser la capacidad de no rompimiento del pavimento, de esta manera se puede hacer frente a	Flujo	Método Marshall		Intervalo
			Humedad	Método Marshall		Intervalo
			Densidad	Método Marshall		Intervalo
			Estabilidad	Método Marshall		Intervalo

apliquen sin fuerzas externas, Vacíos Método Marshall Intervalo romperse. Esta tomando en cuenta resistencia depende la estabilidad, la de la geometría y de densidad y la los materiales que lo viscosidad. componen (Universitat Jaume I , 2014).
--

Anexo 3

Instrumento de investigación y constancia de su aplicación

FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

I.	INFORMACIÓN BÁSICA DEL PROYECTO
Nombre del proyecto	RESISTENCIA MECÁNICA DE MEZCLA ASFÁLTICAS EN FRÍO CON ADICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, HUANCAYO, JUNÍN, 2021
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA –MDF-2 (ASTM D-1559-AASHTO T - 225)	
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA	
TÍTULO: “Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021”	
TESISTA: Hugo Gavino Galdos	HECHO POR: A Y G.
CANTERA: Huamancaca	FECHA: Diciembre-2021
MATERIAL: Mezcla Asfáltica	

EMULSIÓN	AGREGADO
Tipo Emulsión Asfáltica	Identificación: Cantera "Huamancaca"
Residuo asfáltico en la emulsión (%)	Descripción: Piedra 3/4"/Piedra 1/2"/Arena
Gravedad específica del asfalto (B)	Mezcla en Frío (Rodadura, intermedia y bacheo)
Asfalto residual en la mezcla (A)(%)	G. Es Aparente (°C):

MEZCLA COMPACTACIÓN	
Agua total en la mezcla (%)	
Agua de adicción a la mezcla (%)	
Agua de compactación (%)	

N°	DESCRIPCIÓN	SECO			SATURADO		
		1	2	3	4	5	6
	DENSIDAD BULK						
1	Peso de la probeta en aire (D)						
2	Peso de la probeta en aire (E)						
3	Peso de la probeta en aire (F)						
4	Volmen por desplazamiento						
5	Densidad Bulk (G)						
6	Densidad Seca Bulk						

N°	Estabilidad (22.2°C)						
1	Estabilidad (Kg-f)						
2	Factor de corrección						
3	Estabilidad corregida (Kg-f)						
4	Flujo (mm)						

N°	Contenido de humedad						
1	Peso de la muestra húmeda (H)						
2	Peso de la muestra seca (I)						
3	Tara (J)						
4	Contenido de humedad (K)						

N°	Características						
1	Máximo total de vacíos (%)						
2	Vacios de aire (%)						
3	% pérdida de estabilidad						

X

Anexo 4

La data de procesamiento de datos

Mezcla	Densidad Bulk (G)	Estabilidad (Kg-f)	Flujo (mm)	Humedad (K)	Vacios (%)
Tradicional	2.290	937	7.3	5.9	5
	2.285	970	7.3	6.1	5.2
	2.252	880	7	5.1	5.4
0.01%	2.223	1490	6	1.3	4
	2.231	1439	9.2	1.4	3.9
	2.228	1484	9.4	1.4	3.9
0.02%	2.175	1309	11.9	1.1	4.9
	2.204	1307	10.3	1.5	4.5
	2.205	1330	11.6	1.4	4.4
0.03%	2.183	1182	12	1.5	4.9
	2.183	1139	11.8	1.7	5
	2.183	1161	11.1	1.3	4.8
0.04%	2.176	1158	10.4	1.4	5
	2.172	1258	10	1.6	5.2
	2.164	1289	9.9	1.2	5.2

Anexo 5

Resultados del ensayo de laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Pj. GRAU N°211 - CHILCA Ref. a una cuadra frente al parque Pazo Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado	RUC : 20606529229 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com geotest.v@gmail.com.	
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093	FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (ASTM C136)						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS						
TÍTULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfáltica en frío con aditivo de poliestireno expandido, Ilo-Ilo, 2021".						
TESTISTA: Hugo Gavino Galdo				HECHO POR: A.Y.G.		
CANTERA: Huancavelica				Fecha: Enero - 2022		
MATERIAL: Agregado Fino				Tamaño Máximo : 20"		
Muestra: Arroyo Chacabanda M-01				Peso Ancho Seco : 5930 g		
				Fracción :		
TAMIZ	PESO (g)	% RETENIDO	% PASADO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION A
4"	10.900					
2"	70.280					
2 1/2"	60.000					
2"	50.800					
1 1/2"	38.130					
1"	25.430					
3/4"	19.090					
1/2"	12.700					
3/8"	9.055				100.0	
1/4"	6.300					
N°4	4.700	96.1	3.9	10.7	83.0	
N°8	2.280	132.5	22.6	29.6	69.5	
N°10	2.000	20.0	3.6	43.1	56.9	
N°16	1.190	82.0	10.7	53.8	46.2	
N°20	1.540					
N°30	1.530	55.4	11.3	65.1	34.9	
N°40	1.425	31.6	9.4	70.5	29.5	
N°50	1.300	32.0	8.5	76.0	24.0	
N°60	1.180	45.0	6.9	82.9	17.1	
N°100	0.750	12.8	2.2	85.1	14.9	
N°200	0.740	29.7	4.6	89.7	10.3	
< N°200	FOMOS	30.5	10.3	100.0		



Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicada en Obras Civiles



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

(ASTM C138)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TÍTULO : "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Humancaca

MATERIAL: Agregado Fino

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Enero - 2022

Muestra: Arena Chancada

M-02

Tamaño Máximo : 3/8"

Peso Inicial Seco : 584.0 g

Fración :

TAMIZ		PESO	%	% RETENIDO	%	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
PULGADAS	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	A	
4"	101.600						Límite Líquido (LL) : Límite Plástico (LP) : Índice Plástico (IP) : Clasificación (SUCS) : Clasificación (AASHTO) : Contenido Humedad (%):
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525				100.0		
1/4"	6.300						
N° 4	4.750	73.7	12.6	12.6	87.4		
N° 8	2.360	120.9	20.7	33.3	66.7		
N° 10	2.000	29.1	5.0	38.3	61.7		
N° 16	1.190	73.1	12.5	50.8	49.2		
N° 20	0.840						
N° 30	0.600	77.8	13.3	64.1	35.9		
N° 40	0.425	34.3	5.9	70.0	30.0		
N° 50	0.300	34.2	5.9	75.9	24.1		
N° 80	0.180	42.2	7.2	83.1	16.9		
N° 100	0.150	13.9	2.4	85.5	14.5		
N° 200	0.740	24.6	4.2	89.7	10.3		
< N° 200	FONDO	60.2	10.3	100.0			

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMETRICA



Luis Gamarrta Espinoza
Luis Gamarrta Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 (Ref. a una cuadra frente al parque Puzo - Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.
RUC : 20606529229

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: Resistencia mecánica de mezcla estálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021.

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

HECHO POR: A. Y.G.
FECHA: Enero - 2022

RESUMEN DE ENSAYOS DE LA ARENA CHANCADA

Item	N° de Registro	Fecha de Ensayo	Tipo de Muestra	Turno	Análisis Granulométrico por tamizado % Que Pasa											Fecha de Muestreo	Código de Muestra					
					1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 10	N° 16	N° 30	N° 40	N° 50			N° 80	N° 100	N° 200		
001	Agregado fino	Ene-22	Arena Chancada	Día	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	83.3	60.5	56.9	46.2	34.9	29.5	24.0	17.1	14.9	10.3	Ene-22	M-1	
002	Agregado fino	Ene-22	Arena Chancada	Día	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	87.4	66.6	61.7	48.2	35.8	30.0	24.1	16.9	14.5	10.3	Ene-22	M-2	
					100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	85.4	63.6	59.3	47.7	35.4	29.8	24.1	17.0	14.7	10.3			
PROMEDIO																						
MAXIMO					100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	87.4	66.6	61.7	49.2	35.8	30.0	24.1	17.1	14.9	10.3			
MINIMO					100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	83.3	60.5	56.9	46.2	34.9	29.5	24.0	16.9	14.5	10.3			
DESV. ESTÁNDAR					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	4.3	3.4	2.1	0.6	0.4	0.1	0.1	0.3	0.0			
VARIANZA					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	18.8	11.5	4.5	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0			
COEFICIENTE VARIACION					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	6.8	5.7	4.4	1.8	1.2	0.3	0.8	0.1	0.0			

ESTADÍSTICOS

INGENIERO CIVIL
 LUIS GABRIEL ESPINOZA
 CP 198181





DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

(ASTM C136)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TÍTULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

MATERIAL: Grava 1/2"

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Enero - 2022

Muestra: Agregado Grueso

M-01

Tamaño Máximo : 1/2"

Peso Inicial Seco : 2004.5 g

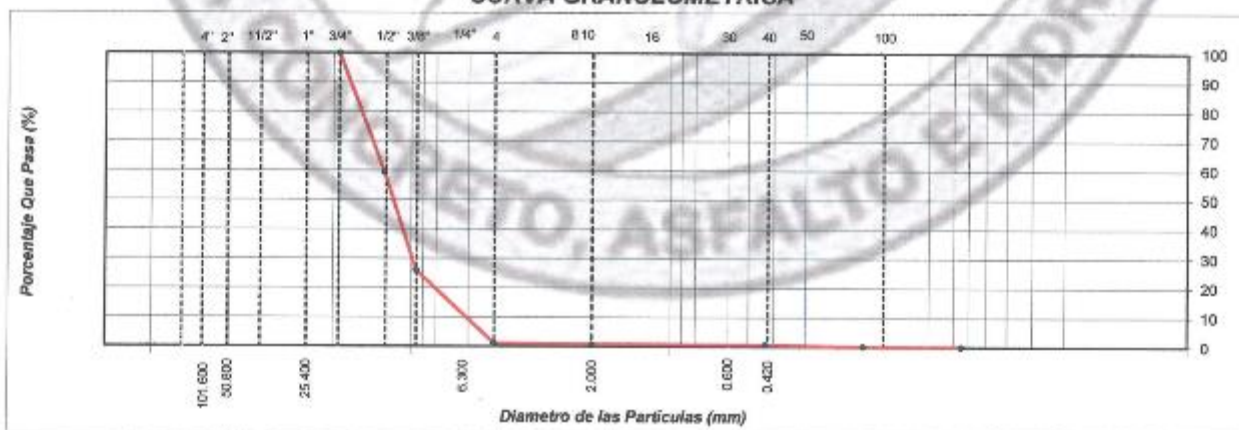
Fracción :

TAMIZ		PESO	%	% RETENIDO	%	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
PULGADAS	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	A	
4"	101.600						Limite Líquido (LL) : Limite Plástico (LP) : Índice Plástico (IP) : Clasificación (SUCS) : Clasificación (AASHTO) : Contenido Humedad (%):
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050				100.0		
1/2"	12.700	813.0	40.6	40.6	59.4		
3/8"	9.525	672.0	33.5	74.1	25.9		
1/4"	6.300						
N° 4	4.750	498.0	24.8	98.9	1.1		
N° 8	2.360	4.5	0.2	99.2	0.8		
N° 10	2.000	2.0	0.1	99.3	0.7		
N° 16	1.190	0.5	0.0	98.3	0.7		
N° 20	0.840						
N° 30	0.600	0.1	0.0	99.3	0.7		
N° 40	0.425	0.0	0.0	99.3	0.7		
N° 50	0.300	2.0	0.1	99.4	0.6		
N° 80	0.180	11.0	0.5	99.9	0.1		
N° 100	0.150	0.0	0.0	99.9	0.1		
N° 200	0.740	0.1	0.0	99.9	0.1		
< N° 200	FONDO	1.3	0.1	100.0			

Índice de consistencia (IC) :
 Coef. de compresibilidad (CC) :
 Contenido de humedad:
 Índice CBR:
 Índice de liquidez (IL) :

OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



Luis Gamarra Espinoza
 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 108161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

(ASTM C136)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TÍTULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

MATERIAL: Grava 1/2"

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Enero - 2022

Muestra: Agregado Grueso

M-02

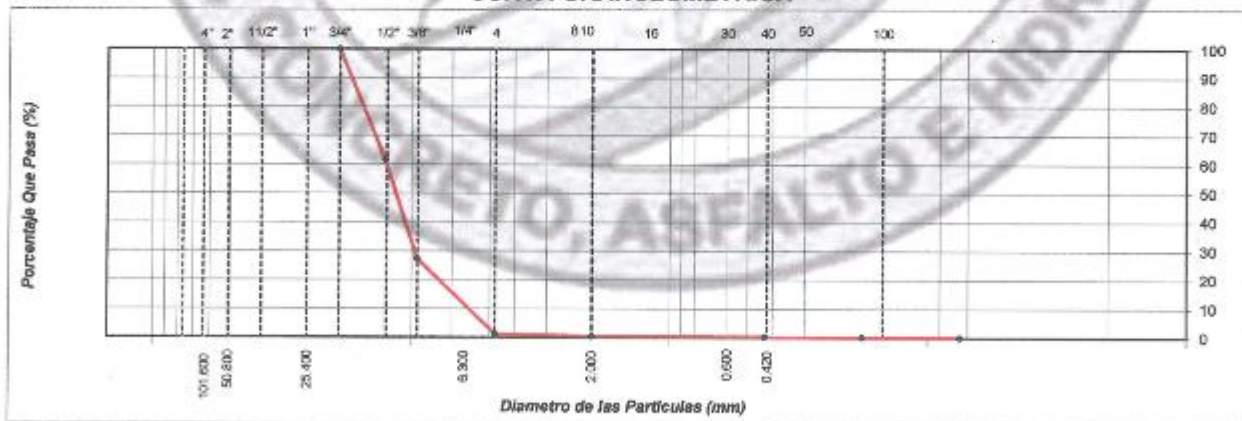
Tamaño Máximo : 1/2"

Peso Inicial Seco : 2006.2 g

Fracción :

TAMIZ		PESO	%	% RETENIDO	%	ESPECIFICACION A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
PULGADAS	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA		
4"	101.600						Límite Líquido (LL) : Límite Plástico (LP) : Índice Plástico (IP) : Clasificación (SUCS) : Clasificación (AASHTO) : Contenido Humedad (%) :
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050				100.0		
1/2"	12.700	770.0	38.4	38.4	61.6		
3/8"	9.525	689.2	34.4	72.7	27.3		
1/4"	6.300						
N° 4	4.750	523.0	26.1	98.6	1.2	Índice de consistencia (IC) : Coef. de compresibilidad (CC) : Contenido de humedad : Índice CBR : Índice de fluidez (IL) :	
N° 8	2.350	13.0	0.6	99.5	0.5		
N° 10	2.000	1.0	0.0	99.5	0.5		
N° 16	1.180	1.0	0.0	99.6	0.4		
N° 20	0.840						
N° 30	0.600	0.1	0.0	99.6	0.4		
N° 40	0.425	2.0	0.1	99.7	0.3		
N° 50	0.300	1.0	0.0	99.7	0.3		
N° 80	0.180	3.0	0.1	99.9	0.1		
N° 100	0.150	0.8	0.0	99.9	0.1		
N° 200	0.740	0.0	0.0	99.9	0.1	OBSERVACIONES :	
< N° 200	FONDO	2.3	0.1	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Luis Gandarria Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA

(Ref. a una cuadra frente al parque Puzo - Av. Ferrucarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL

: labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com

FACEBOOK

: Geo Test V S.A.C.

RUC

: 20606529229

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

RESUMEN DE ENSAYOS DE LA GRAVA DE 1/2"

Item	N° de Registro	Fecha de Ensayo	Tipo de Muestra	Turno	Análisis Granulométrico por tamizado % Que Pasa											Fecha de Muestreo	Código de Muestra					
					1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 6	N° 8	N° 10	N° 16	N° 30	N° 40			N° 50	N° 80	N° 100	N° 200	
001	Grava 1/2"	Ene-21	Grava 1/2"	Día	100.0	19.050	12.700	9.625	4.760	2.360	2.000	1.190	0.600	0.425	0.300	0.180	0.150	0.0740	Ene-22	M-1		
002	Grava 1/2"	Ene-21	Grava 1/2"	Día	100.0	100.0	61.6	27.3	1.2	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	Ene-22	M-2		
ESTADÍSTICOS																						
					PROMEDIO	100.0	100.0	60.5	26.6	1.2	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1			
					MAXIMO	100.0	100.0	61.6	27.3	1.2	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.1	0.1	0.1			
					MINIMO	100.0	100.0	59.4	25.9	1.1	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1			
					DESV. ESTÁNDAR	0.0	0.0	1.6	1.0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0			
					VARIANZA	0.0	0.0	2.4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
					COEFICIENTE VARIACION	0.0	0.0	2.6	3.7	6.1	32.6	23.6	38.6	38.6	56.6	47.1	0.0	0.0	0.0			



Luis Gabriela Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 168191



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

(ASTM C136)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TÍTULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junin, 2021".

TESISTA: Hugo Gawino Galdos

CANTERA: Huamancaca

MATERIAL: Agregado Grueso

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Enero - 2022

Muestra: Grava 3/4" M-01

Tamaño Máximo : 3/4"

Peso Inicial Seco : 7087.2 g

Fracción :

TAMIZ		PESO	%	% RETENIDO	%	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
PULGADAS	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA		
4"	101.600						Límite Líquido (LL) : Límite Plástico (LP) : Índice Plástico (IP) : Clasificación (SUCS) : Clasificación (AASHTO) : Contenido Humedad (%):
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400				100.0		
3/4"	19.050	2308.3	32.6	32.6	67.4		
1/2"	12.700	3358.6	47.4	80.0	20.0		
3/8"	9.525	740.4	10.4	90.4	9.6		
1/4"	6.300						
Nº 4	4.750	504.5	7.1	97.5	2.5		
Nº 8	2.360	52.8	0.7	98.3	1.7		
Nº 10	2.000	5.1	0.1	98.4	1.6		
Nº 16	1.190	14.2	0.2	98.6	1.4		
Nº 20	0.840						Índice de consistencia (IC) : Coef. de compresibilidad (CC) : Contenido de humedad: Índice CBR: Índice de fluidez (IF) : OBSERVACIONES :
Nº 30	0.600	22.3	0.3	98.9	1.1		
Nº 40	0.425	18.5	0.3	99.1	0.9		
Nº 50	0.300	21.4	0.3	99.4	0.6		
Nº 60	0.190	23.4	0.3	99.8	0.2		
Nº 100	0.150	5.9	0.1	99.8	0.2		
Nº 200	0.740	7.5	0.1	100.0	0.0		
< Nº 200	FONDO	3.5	0.0	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Luis Gamarra Espinoza
 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

(ASTM C136)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TÍTULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Agregado Grueso

FECHA: Enero - 2022

Muestra: Grava 3/4" M-02

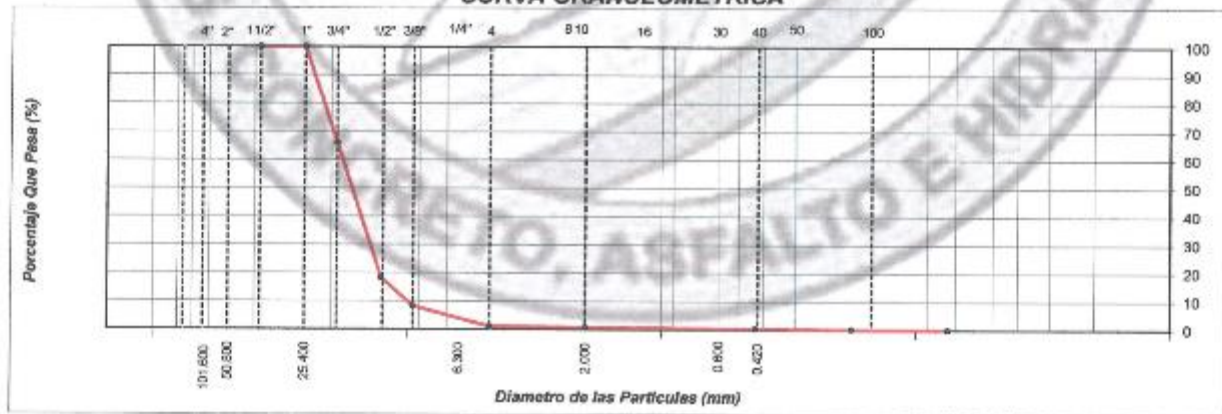
Tamaño Máximo : 3/4"

Peso Inicial Seco : 5180.7 g

Fracción :

TAMIZ		PESO	%	% RETENIDO	%	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
PULGADAS	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA		
4"	101.600						Límite Líquido (LL) : Límite Plástico (LP) : Índice Plástico (IP) : Clasificación (SUCS) : Clasificación (AASHTO) : Contenido Humedad (%) :
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400				100.0		
3/4"	19.000	1756.8	33.9	33.9	66.1		Índice de consistencia (IC) : Coef. de compresibilidad (CC) : Contenido de humedad : Índice CBR : Índice de fluidez (IF) :
1/2"	12.700	2471.2	47.7	81.6	18.4		
3/8"	9.525	519.1	10.0	91.7	8.3		
1/4"	6.300						
Nº 4	4.750	368.6	7.1	98.8	1.2		
Nº 8	2.360	18.9	0.4	99.1	0.9		
Nº 10	2.000	1.2	0.0	99.2	0.8		
Nº 16	1.180	4.7	0.1	99.3	0.7		
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.600	6.3	0.1	99.4	0.6		
Nº 40	0.425	5.4	0.1	99.5	0.5		
Nº 50	0.300	7.8	0.2	99.6	0.4		
Nº 80	0.180	8.5	0.2	99.8	0.2		
Nº 100	0.150	2.2	0.0	99.8	0.2		
Nº 200	0.740	4.6	0.1	99.9	0.1		
< Nº 200	FONDO	3.4	0.1	100.0			OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMETRICA



Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA

(Ref. a una céntrica frente al parque Puzo Av. Ferrocarril cruce con Av. Levoncio Prádo)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

RUC : 20606529229

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

RESUMEN DE ENSAYOS DE LA GRAVA DE 3/4"

Ítem	N° de Registro	Fecha de Ensayo	Tipo de Muestra	Turno	Análisis Granulométrico por tamizado % Que Pasa											Fecha de Muestreo	Código de Muestra				
					1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 10	N° 16	N° 30	N° 40	N° 50			N° 80	N° 100	N° 200	
001	Grava 3/4"	Ene-21	Grava 3/4"	Día	100.0	67.4	20.0	9.6	2.5	1.7	1.6	1.4	1.1	0.9	0.6	0.300	0.180	0.150	0.740	Ene-22	M-1
002	Grava 3/4"	Ene-21	Grava 3/4"	Día	100.0	66.1	18.4	8.3	1.2	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	Ene-22	M-2
					100.0	66.8	19.2	9.0	1.9	1.3	1.2	1.1	0.9	0.7	0.5	0.2	0.2	0.2	0.1		
PROMEDIO					100.0	67.4	20.0	9.6	2.5	1.7	1.6	1.4	1.1	0.9	0.6	0.2	0.2	0.2	0.1		
MAXIMO					100.0	66.1	18.4	8.3	1.2	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2	0.2	0.2	0.0		
MINIMO					0.0	0.9	1.1	0.9	0.9	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1		
DESV. ESTÁNDAR					0.0	0.8	1.3	0.8	0.8	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
VARIANZA					0.0	1.4	5.8	10.3	49.7	43.5	47.1	47.1	41.6	40.4	28.3	0.0	0.0	0.0	141.4		
COEFICIENTE VARIACION																					

ESTADÍSTICOS

(Firma)
INGENIERO EN CIVIL
INSTRUMENTADO
C.O.P. 1981/91





DIRECCIÓN : P.sj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

Combinación de agregado global




Luis Gamarrá Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM C - 136

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TÍTULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

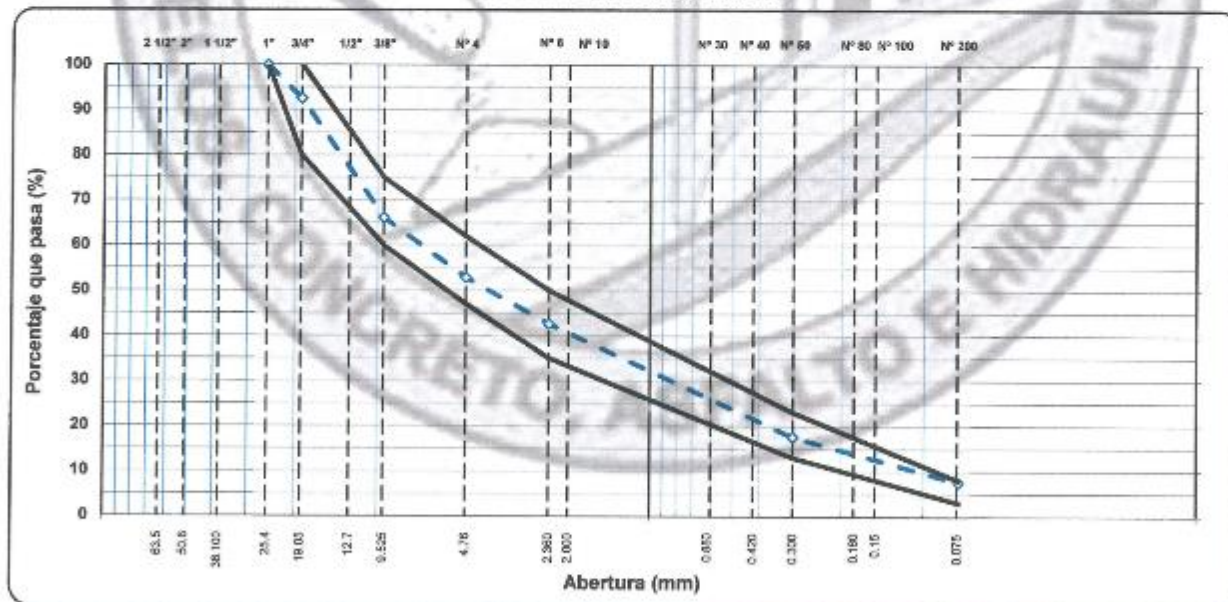
HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Combinación de agregados

FECHA: Enero - 2022

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. MDF - 2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
			retenido	acumulado	que pasa		TAMAÑO MÁXIMO	34"
1 1/2"	38.100						Peso inicial de la muestra	75000.0 gr
1"	25.400					100	Peso Fracción	593.3 gr
3/4"	19.050	5983.0	7.5	7.5	92.5	80-95		
1/2"	12.700							
3/8"	9.525	18794.0	25.4	33.8	68.2	60 - 75	COMBINACION DE AGREGADOS	
1/4"	6.300						Grava chancada de 3/4"	20.0 %
N°4	4.750	9966.0	13.3	47.1	52.9	47 - 62	Gravilla chancada de 1/2"	20.0 %
N°8	2.380	115.1	10.3	57.4	42.6	35 - 50	Arena Chancada 1/4"	60.0 %
N° 10	2.000	19.6	1.7	59.1	40.9		Arena Natural 1/4"	0.0 %
N° 16	1.190	79.1	7.0	66.2	33.8			
N° 20	0.840							
N° 30	0.600	87.1	7.8	73.9	26.1			
N° 40	0.425	44.4	4.0	77.9	22.1			
N° 50	0.300	50.4	4.5	82.4	17.6	13 - 23		
N° 80	0.180	57.2	5.1	87.5	12.5			
N° 100	0.150	19.0	1.7	89.2	10.8			
N° 200	0.074	38.2	3.2	92.4	7.6	3 - 8		
< 200		85.2	7.8	100.0				

CURVA GRANULOMETRICA



Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

ANÁLISIS - COMBINACION GRANULOMETRICA DE AGREGADOS

ASTM C - 136

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

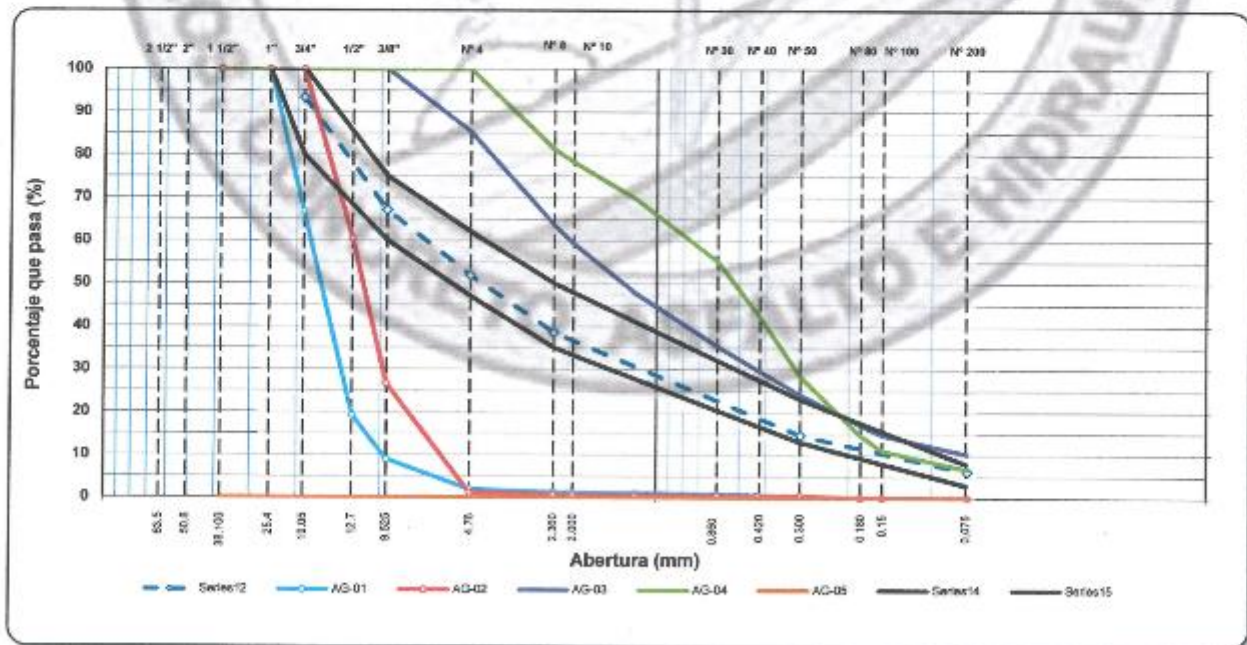
MATERIAL: Combinación de agregados

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Enero - 2022

TAMZ	ABERTURA (mm)	GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS										% COMBINADO	ESPECIFICACION	
		AG-01		AG-02		AG-03		AG-04		100	MIN		MAX	
		Grava 3/4"		Grava 1/2"		Arena Chancada		Arena Natural						
		% Aporte	20	% Aporte	20	15	60	% Aporte	0					
1 1/2"	38.100	100.0	20.00	100.0	20.00	100.0	60.00	100.0	0.00	100.0	-	-		
1"	25.400	100.0	20.00	100.0	20.00	100.0	60.00	100.0	0.00	100.0	100.0	100.0		
3/4"	19.050	66.8	13.38	100.0	20.00	100.0	60.00	100.0	0.00	93.4	80	95		
1/2"	12.700	19.2	3.84	60.5	12.10	100.0	60.00	100.0	0.00	75.9				
3/8"	9.525	9.0	1.80	26.6	5.32	100.0	60.00	100.0	0.00	67.1	60	75		
N° 4	4.750	1.9	0.38	1.2	0.24	85.4	51.24	100.0	0.00	51.9	47	62		
N° 8	2.350	1.3	0.26	0.7	0.14	63.6	38.16	81.3	0.00	38.8	35	50		
N° 10	2.000	1.2	0.24	0.6	0.12	59.3	35.58	78.3	0.00	35.9				
N° 16	1.190	1.1	0.22	0.6	0.12	47.7	28.62	68.8	0.00	29.0				
N° 30	0.600	0.9	0.18	0.6	0.12	35.4	21.24	55.2	0.00	21.5				
N° 40	0.425	0.7	0.14	0.5	0.10	29.8	17.88	42.7	0.00	18.1				
N° 60	0.300	0.5	0.10	0.5	0.10	24.1	14.46	28.3	0.00	14.7	13	23		
N° 80	0.180	0.1	0.02	0.1	0.02	17.0	10.20	14.8	0.00	10.2				
N° 100	0.150	0.2	0.04	0.1	0.02	14.7	8.82	11.1	0.00	8.9				
N° 200	0.075	0.1	0.02	0.1	0.02	10.3	6.18	6.7	0.00	6.2	3	8		

CURVA GRANULOMETRICA



Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : Pjs. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MDF-2

(ASTM D -1559)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

MATERIAL: Mezcla Asfáltica

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Enero - 2022

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

Agregado Grava Triturada 3/4" (Cantera "Pilcomayo") : 20 %
 Agregado Grava Triturada 1/2" (Cantera "Pilcomayo") : 20 %
 Agregado Arena Triturada (Cantera "Pilcomayo") : 60 %
 Gradación : ESPECIFICACIÓN TÉCNICA MTC - E.G. - 2013
 : SECCION 424 (MDF - 2)

2.- LIGANTE ASFÁLTICO

Tipo de emulsión asfáltica : CSS-1P
 % óptimo de emulsión asfáltica : 9.7
 % óptimo de asfalto residual : 5.8

3.- AGUA

% de humedad natural : 0
 % de agua en la emulsión : 3.7
 % de agua de pre- mezcla : 3.0
 % de agua total en la mezcla : 6.7
 % de agua de compactación : 4.3

4.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO

N° DE GOLPES		75	
% DE EMULSION ASFÁLTICA (% EN PESO DE LOS AGREGADOS)	9.2	9.7	10.2
ASFALTO RESIDUAL (% EN PESO DE LOS AGREGADOS)	5.5	5.8	6.1
DENSIDAD SECA BULK (g/cm ³)	2.933	2.924	2.913
ESTABILIDAD MODIFICADA SECA (kg), (22.2 °C)	752.2	736.5	737.8
ESTABILIDAD MODIFICADA HUMEDA (kg), (22.2 °C)	588.5	572.3	561.4
CAMBIOS DE ESTABILIDAD (%)	22.2	22.5	23.5
VACIOS TOTALES (%)	4.7	4.5	4.1
HUMEDAD ABSORBIDA (%)	0.8	0.5	0.3
RECUBRIMIENTO (%)	--	95.0	--

4.- TEMPERATURA DE APLICACION (°C)

Temperatura de agregados : 22.2 °C
 Temperatura de emulsión asfáltica : 22.2 °C

OBSERVACIONES :

- (1) Estabilidad Marshall ensayadas a una temperatura de 22.2 °C (Ref: Manual asphalt institute MS-14).
- (2) Agregados muestreado por los interesados.
- (3) Porcentajes de materiales expresado en peso de los agregados.



Luis Cantarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Piedra 3/4" / Piedra 1/2" / Arena .

FECHA: Enero - 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO, FINO Y GLOBAL (ASTM C-136)

MALLAS		CANTERA "HUAMANCACA" GRAVA TRITURADA (34)		CANTERA "HUAMANCACA" GRAVA TRITURADA (12)		CANTERA "HUAMANCACA" ARENA TRITURADA		MEZCLA DE CANTERAS			
		RET.	PASA	RET.	PASA	RET.		RET.		RET.	PASA
SERIE AMERICANA											
3"											
2 1/2"											
2"											
1 1/2"										100.0	
1"			100.0						13.9	86.1	
3/4"		33.2	66.8		100.0				13.0	73.1	
1/2"		48	19.2	15.0	85.0				6.1	66.9	
3/8"		10.2	9.0	51.6	33.4		100.0		2.8	64.1	
N° 4		7.1	1.9	18.5	15.0	5.2	94.8		4.8	59.3	
N° 8		0.6	1.3	14.8	0.1	28.0	66.8		17.8	41.5	
N° 16		0.1	1.2	0.1	--	15.2	51.6		9.6	31.9	
N° 30		0.1	1.1			16.2	35.4		10.3	21.6	
N° 50		0.2	0.9			12.9	22.5		8.2	13.4	
N° 100		0.2	0.7			8.8	13.7		5.6	7.8	
N° 200						4.9	8.8		3.1	4.7	
- N° 200						7.4	--		4.7	--	
P. E. Bulk Base Seca	(2)		2.628		2.630		2.622			2.625	
P. E. Bulk Base Sat.	(2)		2.654		2.654		2.640			2.646	
P. E. Aparente	(2)		2.698		2.696		2.559			2.614	
Absorción	(2)		0.99		0.94		0.67			0.79	
Equivalente de Arena	(ASTM D-2419)		--		--		70			--	



Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211 - CHILCA

(Ref. a una cuadra frente al parque Puzo - Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL

: labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com

FACEBOOK

: Geo Test V S.A.C.

RUC

: 20606529229

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MDF-2

(ASTM D)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO : "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

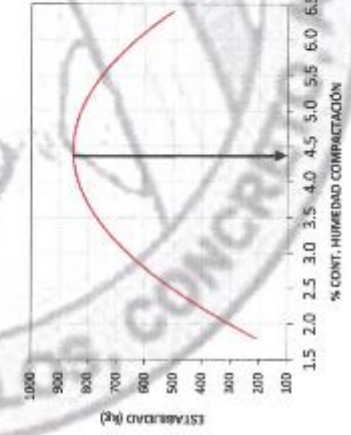
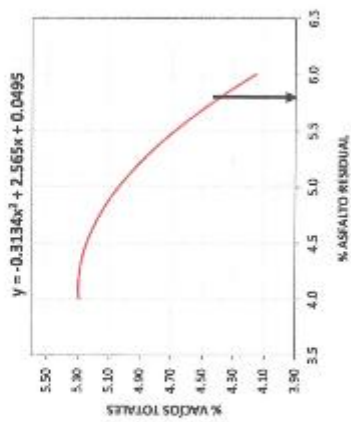
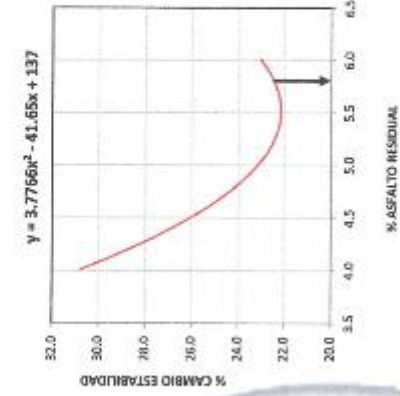
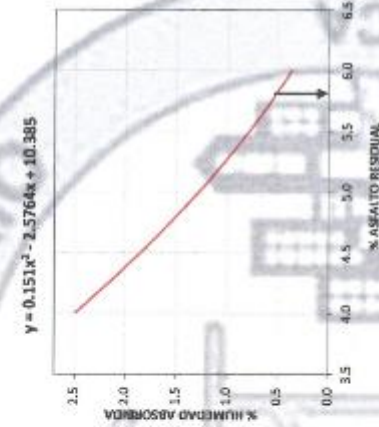
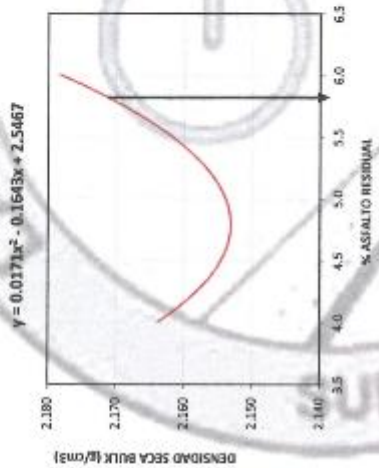
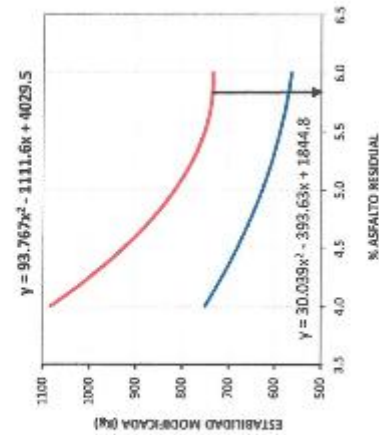
TESISTA : Hugo Gavino Galdós

CAMIERA : Huamancaca

MATERIAL : Mezcla Asfáltica

HECHO POR : A.Y.G

FECHA : Enero - 2022



COMPACTACIÓN				
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.8	3.5	4.4	5.4
ESTABILIDAD	620	748	922	795
AGUA DE PREMEZCLA (%)	5.00			
AGUA DE COMPACTACION (%)	4.30			

PORCENTAJE OPTIMO		ESPECIFIC.	
% E.A.	9.2	9.7	10.2
% A.R.	5.5	5.0	6.1
DENSIDAD BECA BULK (g/cm3)	2.935	2.924	2.913
ESTABILIDAD SECA (kg)	742.2	736.5	737.8
ESTABILIDAD HÚMEDA (kg)	888.6	872.3	861.4
CAMBIO DE ESTABILIDAD (%)	22.2	22.6	23.6
VACÍOS TOTALES (%)	4.7	4.5	4.1
HUMEDAD ABSORBIDA (%)	0.8	0.5	0.3





DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MDF-2

(ASTM D -1559)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

MATERIAL: Mezcla Asfáltica

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Diciembre - 2021

Diseño C.A. 4.5%

EMULSIÓN		AGREGADO	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	: Cantera "Huamancaca"
Residuo asfáltico en la emulsión (%)	60.0	Descripción	: Piedra 3/4" / Piedra 1/2" / Arena .
Gravedad específica del asfalto (B)	1.01		: Mezcla en Frío (Rodadura, intermedia y bacheo)
Asfalto residual en la mezcla (A)(%)	4.5	G. Es. Aparente (°C)	: 2.614 g/cm3

MEZCLA Y COMPACTACIÓN

Agua total en la mezcla (%)	5.6
Agua de adición a la mezcla (%)	2.4
Agua de compactación (%)	4.3

N°	DESCRIPCIÓN	SECO			SATURADO		
		1	2	3	4	5	6
1	Peso de la probeta en aire (D)	1168.5	1172.2	1165.8	1168.5	1172.2	1165.8
2	Peso de la probeta en agua (E)	661.6	663.2	652.3	661.6	663.2	652.3
3	Peso de la probeta SSD (F)	1171.8	1176.1	1170.0	1171.8	1176.1	1170.0
4	Volumen por desplazamiento	510.2	512.9	517.7	510.2	512.9	517.7
5	Densidad Bulk (G)	2.290	2.285	2.252	2.290	2.285	2.252
6	Densidad Seca Bulk	2.187	2.159	2.148			

N°	Estabilidad (22.2 °C)	SECO			SATURADO		
1	Estabilidad (Kg-f)	978	1010	917	825	667	678
2	Factor de corrección	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	937	970	880	792	641	651
4	Flujo (mm)	7.3	7.3	7.0	8.5	8.3	8.5

N°	Contenido de humedad	SECO			SATURADO		
1	Peso de la muestra húmeda(H)	1359.5	1361.2	1363.1	1359.5	1361.2	1363.1
2	Peso de la muestra seca (I)	1290.4	1289.4	1302.3	1278.4	1279.6	1279.6
3	Tara (J)	132.2	133.4	135.3	132.2	133.4	135.3
4	Contenido de humedad (K)	5.9	6.1	5.1	7.4	7.4	7.8

N°	Características	SECO			SATURADO		
1	Máximo total de vacíos (%)	5.0	5.2	5.4			
2	vacíos de aire (%)	-0.4	-0.4	0.8			
4	% pérdida de estabilidad		25.2				



Luis Cantarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

INFORME DE ENSAYO

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MDF-2

(ASTM D -1559)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

MATERIAL: Agregado global

HECHO POR: A. Y.G.

FECHA: Enero-2021

MATERIALES	CANTERA	DISEÑO (%)	P.U.S. (kg/m3)	PESOS (kg)	m3	pie3
Piedra Triturada 3/4	Pilcomayo	20.0	1230.0	311.4	0.253	8.9
Piedra Triturada 1/2	Pilcomayo	20.0	1402.0	311.4	0.222	7.8
Arena Triturada	Pilcomayo	60.0	1718.0	934.3	0.544	19.2
Filler		0.0	1500.0	0.0	0.000	0.0

% Agua	3.0	1000	0.047 m3	46.7	12.3 gln	1.1 ft
% Emulsión	9.7	1000	0.151 m3	150.5	39.8 gln	3.5 ft

Residuo de la emulsión	60.0 %
Optimo contenido asfáltico	5.8 %

P.U.S. del agregado	1557.2 kg/m3
P.U.S. del agregado	36.0 kg/p3



Luis Gamarra Espinoza
 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

Diseño de mezcla asfáltica MDF-2 (Con adición de poliestireno)




Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198181



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MDF-2

(ASTM D -1559)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junin, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Mezcla Asfáltica

FECHA: Enero - 2022

MUESTRA: Aplicación de poliestireno expandido en 0.01%, 0.02%, 0.03% y 0.04%.

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

Agregado Grava Triturada 3/4" (Cantera "Humancaca") : 20.0 %
Agregado Grava Triturada 1/2" (Cantera "Humancaca") : 20.0 %
Agregado Arena Triturada (Cantera "Humancaca") : 60.0 %
Gradación : ESPECIFICACIÓN TÉCNICA MTC - E.G. - 2013
SECCION 424 (MDF - 2)

2.- LIGANTE ASFÁLTICO

Tipo de emulsión asfáltica : CSS-1H
% óptimo de emulsión asfáltica : 9.7
% óptimo de asfalto residual : 5.8

3.- AGUA

% de humedad natural : 0
% de agua en la emulsión : 3.7
% de agua de pre- mezcla : 3.0
% de agua total en la mezcla : 6.7
% de agua de compactación : 4.3

4.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO

N° DE GOLPES	75		
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (% EN PESO DE LOS AGREGADOS)	9.0	9.5	10.0
ASFALTO RESIDUAL (% EN PESO DE LOS AGREGADOS)	5.4	5.7	6.0
DENSIDAD SECA BULK (g/cm ³)	2.196	2.181	2.165
ESTABILIDAD MODIFICADA SECA (kg), (22.2 °C)	1044.3	1010.0	994.1
ESTABILIDAD MODIFICADA HÚMEDA (kg), (22.2 °C)	644.1	618.4	624.3
CAMBIOS DE ESTABILIDAD (%)	37.6	38.2	37.6
VACIOS TOTALES (%)	4.1	4.3	4.4
HUMEDAD ABSORBIDA (%)	0.8	0.6	0.4
RECUBRIMIENTO (%)	--	95.0	--

4.- TEMPERATURA DE APLICACIÓN (°C)

Temperatura de agregados : 22.2 °C
Temperatura de emulsión asfáltica : 22.2 °C

OBSERVACIONES :

- (1) Estabilidad Marshall ensayadas a una temperatura de 22.2 °C (Ref: Manual asphalt institute MS-14).
- (2) Agregados muestreado por los interesados.
- (3) Porcentajes de materiales expresado en peso de los agregados.



Luis Gamarrá Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MDF-2

(ASTM D -1559)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junin, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

MATERIAL: Mezcla Asfáltica

MUESTRA: Aplicación de poliestirimo expandido en 0.01%

HECHO POR: A. Y. G.

FECHA: Enero - 2022

Diseño C.A. 0.01%

EMULSIÓN		AGREGADO
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación : Cantera "Huamancaca"
Residuo asfáltico en la emulsión (%)	60.0	Descripción : Piedra 3/4", / Piedra 1/2", / Arena .
Gravedad específica del asfalto (B)	1.01	: Mezcla en Frío (Rodadura, Intermedia y Bacheo)
Asfalto residual en la mezcla (A)(%)	5.7	G. Es. Aparente (C) : 2.618 g/cm3

MEZCLA Y COMPACTACIÓN	
Agua total en la mezcla (%)	5.3
Agua de adición a la mezcla (%)	1.5
Agua de compactación (%)	4.3

N°	DESCRIPCIÓN	SECO				SATURADO	
		1	2	3	4	5	6
1	Peso de la probeta en aire (D)	1182.9	1163.3	1163.9	1161.9	1162.8	1160.3
2	Peso de la probeta en agua (E)	644.3	646.8	645.8	645.1	645.5	642.5
3	Peso de la probeta SSD (F)	1167.4	1168.3	1168.3	1166.3	1167.0	1165.7
4	Volumen por desplazamiento	523.1	521.5	522.5	521.2	521.5	523.2
5	Densidad Bulk (G)	2.223	2.231	2.228	2.229	2.230	2.218
6	Densidad Seca Bulk	2.196	2.201	2.199			

N°	Estabilidad (22.2 °C)	1	2	3	4	5	6
1	Estabilidad (Kg-f)	1490	1499	1546	950	861	762
2	Factor de corrección	1.00	0.96	0.96	1.00	0.96	0.96
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	1490	1439	1484	950	826	731
4	Flujo (mm)	6.0	9.2	9.4	7.0	6.0	7.2

N°	Contenido de Humedad	1	2	3	4	5	6
1	Peso de la muestra húmeda(H)	1300.8	1302.1	1296.9	1343.3	1336.5	1336.8
2	Peso de la muestra seca (I)	1282.3	1281.5	1277.8	1279.4	1271.0	1270.4
3	Tara (J)	138.2	138.7	133.5	138.1	131.9	136.6
4	Contenido de humedad (K)	1.3	1.4	1.4	5.9	6.1	6.2

N°	Características	1	2	3	4	5	6
1	Máximo total de vacíos (%)	4.0	3.9	3.9			
2	vacíos de aire (%)	2.8	2.6	2.7			
4	% pérdida de estabilidad		43.2				



Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 196161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MDF-2

(ASTM D -1559)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANtera: Huamancaca

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Mezcla Asfáltica

FECHA: Enero - 2022

MUESTRA: Aplicación de poliestireno expandido en 0.02%

Diseño C.A. 0.02%

EMULSIÓN		AGREGADO	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	: Cantera "Huamancaca"
Residuo asfáltico en la emulsión (%)	60.0	Descripción	: Piedra 3/4" / Piedra 1/2" / Arena .
Gravedad específica del asfalto (B)	1.01		: Mezcla en Frío (Rodadura, Intermedia y Bacheo)
Asfalto residual en la mezcla (A)(%)	5.7	G. Es. Aparente (C)	: 2.618 g/cm3

MEZCLA Y COMPACTACIÓN

Agua total en la mezcla (%)	5.3
Agua de adición a la mezcla (%)	1.5
Agua de compactación (%)	4.3

N°	DESCRIPCIÓN	SECO			SATURADO		
		1	2	3	4	5	6
1	Peso de la probeta en aire (D)	1161.9	1162.8	1160.3	1165.6	1164.1	1160.0
2	Peso de la probeta en agua (E)	639.1	642.4	639.4	639.7	645.6	639.3
3	Peso de la probeta SSD (F)	1173.3	1170.0	1165.6	1167.4	1166.5	1163.7
4	Volumen por desplazamiento	534.2	527.6	526.2	527.7	520.9	524.4
5	Densidad Bulk (G)	2.175	2.204	2.205	2.209	2.235	2.212
6	Densidad Seca Bulk	2.153	2.174	2.175			

N°	Estabilidad (22.2 °C)	1	2	3	4	5	6
1	Estabilidad (Kg-f)	1309	1307	1330	723	780	694
2	Factor de corrección	1.00	1.00	1.00	0.96	0.99	0.93
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	1309	1307	1330	694	725	645
4	Flujo (mm)	11.9	10.3	11.6	8.8	8.3	7.4

N°	Contenido de humedad	1	2	3	4	5	6
1	Peso de la muestra húmeda(H)	1294.2	1299.4	1288.0	1338.2	1337.1	1308.6
2	Peso de la muestra seca (I)	1271.1	1276.4	1267.2	1274.7	1274.5	1242.2
3	Tara (J)	136.1	136.9	132.6	139.0	139.4	135
4	Contenido de humedad (K)	1.1	1.5	1.4	5.9	5.8	6.3
5	Humedad absorbida						

N°	Características	1	2	3	4	5	6
1	Máximo total de vacíos (%)	4.9	4.5	4.4			
2	vacíos de aire (%)	3.9	3.1	3.1			
4	% pérdida de estabilidad		47.7				



Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MDF-2

(ASTM D -1559)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

MATERIAL: Mezcla Asfáltica

MUESTRA: Aplicación de poliestirimo expandido en 0.03%

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Enero - 2022

Diseño C.A. 0.03%

EMULSIÓN		AGREGADO	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	: Cantera "Huamancaca"
Residuo asfáltico en la emulsión (%)	80.0	Descripción	: Piedra 3/4". / Piedra 1/2". / Arena .
Gravedad específica del asfalto (B)	1.01		: Mezcla en Frío (Rodadura, Intermedia y Bacheo)
Asfalto residual en la mezcla (A) (%)	5.7	G. Es. Aparente (°C)	: 2.618 g/cm3

MEZCLA Y COMPACTACIÓN	
Agua total en la mezcla (%)	5.3
Agua de adición a la mezcla (%)	1.5
Agua de compactación (%)	4.3

N°	DESCRIPCIÓN	SECO			SATURADO		
		1	2	3	4	5	6
1	Peso de la probeta en aire (D)	1162.8	1162.0	1159.1	1161.5	1162.0	1160.4
2	Peso de la probeta en agua (E)	638.6	636.2	637.1	628.2	635.8	638.9
3	Peso de la probeta SSD (F)	1171.2	1165.5	1168.0	1167.5	1167.3	1164.9
4	Volumen por desplazamiento	532.6	532.3	530.9	539.3	531.5	526.0
5	Densidad Bulk (G)	2.183	2.183	2.183	2.154	2.186	2.206
6	Densidad Seca Bulk	2.153	2.149	2.156			

N°	Estabilidad (22.2 °C)	1	2	3	4	5	6
1	Estabilidad (Kg-f)	1231	1187	1209	633	519	514
2	Factor de corrección	0.96	0.96	0.96	0.93	0.93	1.00
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	1182	1139	1161	588	483	514
4	Flujo (mm)	12.0	11.8	11.1	7.5	7.5	7.8

N°	Contenido de humedad	1	2	3	4	5	6
1	Peso de la muestra húmeda(H)	1291.4	1294.3	1261.0	1339.8	1259.2	1333
2	Peso de la muestra seca (I)	1267.1	1270.0	1238.3	1269.6	1195.9	1271.9
3	Tara (J)	133.4	142.9	135.4	136.8	134.5	133.4
4	Contenido de humedad (K)	1.5	1.7	1.3	6.6	6.3	5.7
5	Humedad absorbida						

N°	Características	1	2	3	4	5	6
1	Máximo total de vacíos (%)	4.9	5.0	4.8			
2	vacíos de aire (%)	3.5	3.4	3.6			
4	% pérdida de estabilidad		54.5				



Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MDF-2

(ASTM D -1559)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TÍTULO: "Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021".

TESISTA: Hugo Gavino Galdos

CANTERA: Huamancaca

MATERIAL: Mezcla Asfáltica

MUESTRA: Aplicación de poliestireno expandido en 0.04%

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Enero - 2022

Diseño C.A. 0.04%

EMULSIÓN		AGREGADO	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	: Cantera "Huamancaca"
Residuo asfáltico en la emulsión (%)	60.0	Descripción	: Piedra 3/4" / Piedra 1/2" / Arena .
Gravedad específica del asfalto (B)	1.01		: Mezcla en Frío (Rodadura, Intermedia y Bacheo)
Asfalto residual en la mezcla (A)(%)	5.7	G. Es. Aparente (°C)	: 2.618 g/cm3

MEZCLA Y COMPACTACIÓN	
Agua total en la mezcla (%)	5.3
Agua de adición a la mezcla (%)	1.5
Agua de compactación (%)	4.3

N°	DESCRIPCIÓN	SECO			SATURADO		
		1	2	3	4	5	6
1	Peso de la probeta en aire (D)	1160.3	1160.2	1160.1	1159.5	1160.3	1160
2	Peso de la probeta en agua (E)	634.8	632.5	630.1	629.3	629.4	629.3
3	Peso de la probeta SSD (F)	1168.0	1166.6	1166.1	1164.9	1167.3	1166.2
4	Volumen por desplazamiento	533.2	534.1	536.0	535.6	537.9	536.9
5	Densidad Bulk (G)	2.176	2.172	2.164	2.165	2.157	2.161
6	Densidad Seca Bulk	2.147	2.140	2.139			

N°	Estabilidad (22.2 °C)	1	2	3	4	5	6
1	Estabilidad (Kg-f)	1302	1310	1342	900	869	904
2	Factor de corrección	0.89	0.96	0.96	0.96	0.96	0.93
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	1158	1258	1289	864	834	841
4	Flujo (mm)	10.4	10.0	9.9	7.8	7.3	7.8

N°	Contenido de humedad	1	2	3	4	5	6
1	Peso de la muestra húmeda(H)	1260.5	1261.8	1236.5	1337.6	1336.6	1327.3
2	Peso de la muestra seca (I)	1267.4	1238.9	1217.9	1271.4	1275.3	1254.4
3	Tara (J)	132.1	132.8	135.1	139.7	136.4	132.2
4	Contenido de humedad (K)	1.4	1.6	1.2	6.2	5.7	6.9
5	Humedad absorbida						

N°	Características	1	2	3	4	5	6
1	Máximo total de vacíos (%)	5.0	5.2	5.2			
2	vacíos de aire (%)	3.7	3.7	4.1			
4	% pérdida de estabilidad		31.5				



Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161